

TERMELJÜNK EGYÜTT A TERMÉSZETTEL

– AZ AGRÁRERDÉSZET MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG

Kővári Attila–Kiss Endre–Németh István Péter (Szerk.)

II. KÖTET

KOROKNAI LÁSZLÓ

A hibák felismerése megmunkált furatok palástján kamera és tükör segítségével

ALKENAAN MOHAMAD – MIRKOWSKI RADOSŁAW – KISS ENDRE

Investigation of the possibility to recover scandium from red mud using EAF technology

AMANUEL MEKONNEN – ELIAS ATTALAH – KISS ENDRE

Gas separator

SARCEVIC PÉTER – KŐVÁRI ATTILA

Az automatizált adatgyűjtés alkalmazási lehetőségei az agrárerdészetben

KOROKNAI LÁSZLÓ

Ózonkoncentráció-mérés

KOVÁCS-BOKOR ÉVA – DOMOKOS ENDRE – KISS ENDRE

Konverteriszapos talajkeveréken nevelt angolperje fitoextrakciós potenciáljának vizsgálata

KOVÁCS-BOKOR ÉVA – KISS ENDRE

Folyóvízi iszapok szennyezettségének hatása a fehér mustár csiraképességére

SZAKÁLL TIBOR – SZABÓ ANITA – KŐVÁRI ATTILA – KULJIĆ BOJAN

A biomassa energetikai hasznosítási lehetőségei

KISS ENDRE

Determination of the minimal ignition energy of graphite dust at different temperatures using electric spark

ENDRE KISS – ÉVA KOVÁCS-BOKOR

The magnitudes of electrostatic field on the ceramic-made ozonizer devices

KŐVÁRI ATTILA

Nehézfémek előfordulása vizekben és üledékekben



Duna-nyitók
KÖNYVEK 17.

D·U·E PRESS

A könyv megjelenését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség” című projektje támogatta.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Kővári Attila–Kiss Endre–Németh István Péter (Szerk.)

TERMELJÜNK

EGYÜTT A TERMÉSZETTEL

– AZ AGRÁRERDÉSZET MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG

II. KÖTET

© Kővári Attila–Kiss Endre–Németh István Péter editors 2020

© Alkenaan Mohamad, Amanuel Mekonnen, Domokos Endre, Elias Attalah,
Kiss Endre, Koroknai László, Kovács-Bokor Éva, Kővári Attila, Kuljić Bojan,
Mirkowski Radosław, Sarcevic Péter, Szabó Anita, Szakáll Tibor 2020

Lektorálta: Dr. Kiss Endre, Dr. Kővári Attila, Kovács-Bokor Éva

A könyv megjelenését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel
– az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség” című projektje támogatta.

D=U=E PRESS
DUNAÚJVÁROSI EGYETEM
www.uniduna.hu

Kiadóvezető Németh István

Felelős kiadó Dr. habil András István
Felelős szerkesztő Nemeskéry Artúr

Tördelés Duma Attila
Készült a HTSART nyomdában
Felelős vezető Halász Iván

ISBN 978-615-6142-06-1ő
ISBN 978-615-6142-08-5

TERMELJÜNK EGYÜTT A TERMÉSZETTEL

– AZ AGRÁRERDÉSZET MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG

Kővári Attila – Kiss Endre – Németh István Péter (Szerk.)

II. KÖTET

KOROKNAI LÁSZLÓ

A hibák felismerése megmunkált furatok palástján kamera- és tükör segítségével

ALKENAAN MOHAMAD – MIKOWSKI Radosław – KISS ENDRE

Investigation of the possibility to recover scandium from red mud using EAF technology

AMANUEL MEKONNEN – ELIAS ATTALAH – KISS ENDRE

Gas separator

SARČEVIĆ PÉTER – KŐVÁRI ATTILA

Az automatizált adatgyűjtés alkalmazási lehetőségei az agrárerdészetben

KOROKNAI LÁSZLÓ

Ózonkoncentráció-mérés

KOVÁCS-BOKOR ÉVA – DOMOKOS ENDRE – KISS ENDRE

Konverteriszapos talajkeveréken nevelt angol perje fitoextrakciós potenciáljának vizsgálata

KOVÁCS-BOKOR ÉVA – KISS ENDRE

Folyóvízi iszapok szennyezettségének hatása a fehér mustár csiraképességére

SZAKÁLL TIBOR – SZABÓ ANITA – KŐVÁRI ATTILA – KULJIĆ BOJAN

A biomassa energetikai hasznosítási lehetőségei

KISS ENDRE

Determination of the minimal ignition energy of graphite dust at different temperatures using electric spark

ENDRE KISS – ÉVA KOVÁCS-BOKOR

The magnitudes of electrostatic field on the ceramic-made ozonizer devices

KŐVÁRI ATTILA

Nehézfémek előfordulása vizekben és üledékekben



Dunaújváros
KÖNYVTÁR

DUE PRESS

A könyv megjelenését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet mint új kitorési lehetőség” című projektje támogatta

SZÉCHENYI 2020

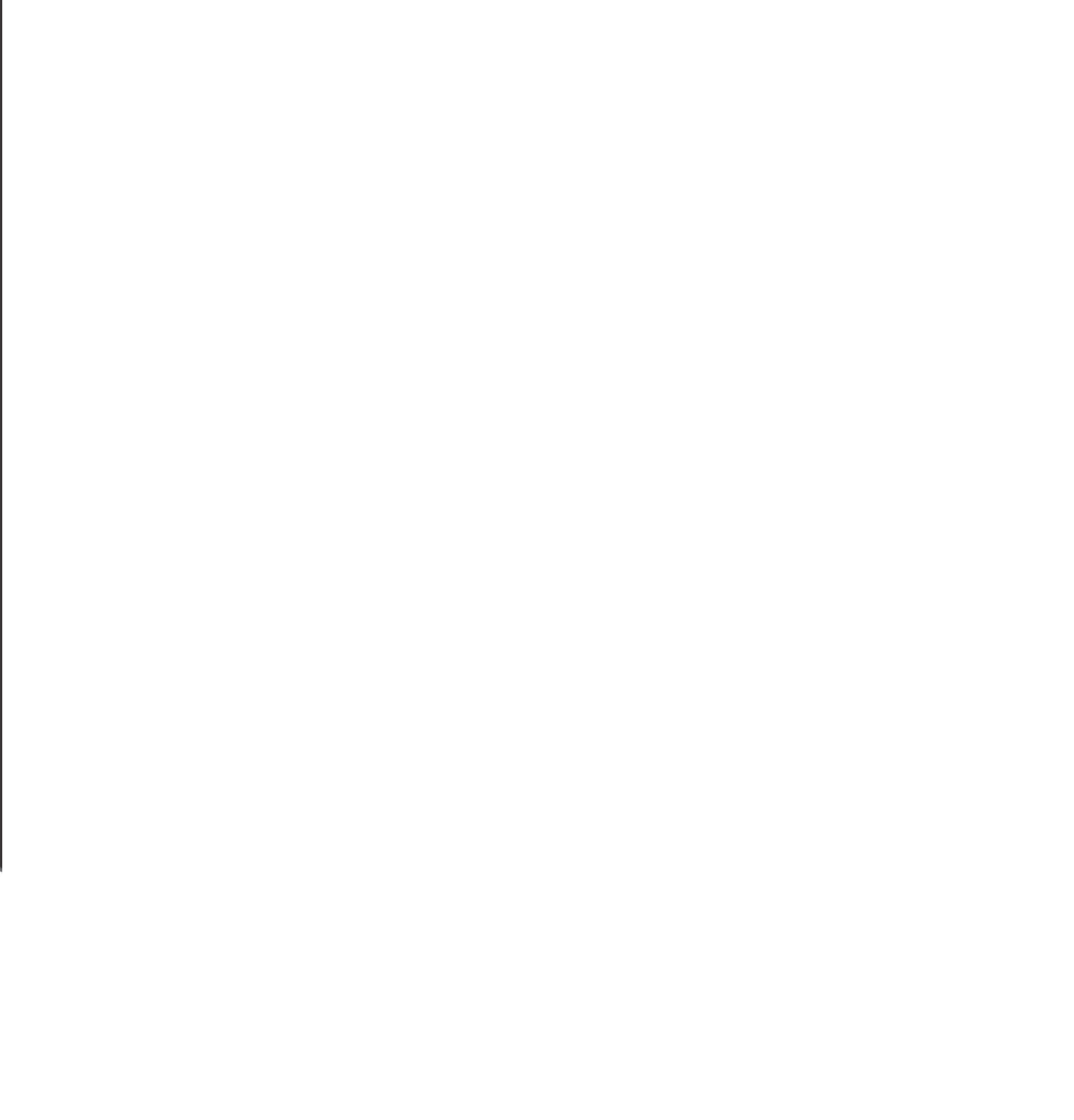


MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



Tartalom

Auditori salutem!	7
<u>KOROKNAI LÁSZLÓ</u> A hibák felismerése megmunkált furatok palástján kamera és tükör segítségével 2. rész Optika	9
<u>ALKENAAN MOHAMAD-MIRKOWSKI RADOSŁAW-KISS ENDRE</u> Investigation of the possibility to recover scandium from red mud using EAF technology Part 3 Environmental considerations	21
<u>AMANUEL MEKONNEN-ELIAS ATTALAH-KISS ENDRE</u> Gas separator Part 4 Pulsed corona discharge for hydrogen sulfide decomposition	31
<u>SARCEVIC PÉTER-KÖVÁRI ATTILA</u> Az automatizált adatgyűjtés alkalmazási lehetőségei az agrárerdészetben	37
<u>KOROKNAI LÁSZLÓ</u> Ózonkoncentráció-mérés 2. rész – Az ózon hatásai és kimutatása	45
<u>KOROKNAI LÁSZLÓ</u> Ózonkoncentráció-mérés 3. rész – Az ózongenerátor	55
<u>KOVÁCS-BOKOR ÉVA-DOMOKOS ENDRE-KISS ENDRE</u> Konverteriszapos talajkeveréken nevelt angolperje fitoextrakciós potenciáljának vizsgálata	59
<u>KOVÁCS-BOKOR ÉVA-KISS ENDRE</u> Folyóvízi iszapok szennyezettségének hatása a fehér mustár csírákéességére	69

<u>SZAKÁLL TIBOR-SZABÓ ANITA- KŐVÁRI ATTILA- KULJIC BOJAN</u> A biomassza energetikai hasznosítási lehetőségei	79
<u>KISS ENDRE</u> Determination of the minimal ignition energy of graphite dust at different temperatures using electric spark	91
<u>ENDRE KISS-ÉVA KOVÁCS-BOKOR</u> The magnitudes of electrostatic field on the ceramic-made ozonizer devices	99
<u>KŐVÁRI ATTILA</u> Nehézfémek előfordulása vizekben és üledékekben	107

Auditori salutem!

Jelen kiadvány az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „TERMELJÜNK EGYÜTT A TERMÉSZETTEL – AZ AGRÁRERDÉSZET MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG” projekt egyes eredményeit foglalja össze. A projekt célja az agrárerdészeti rendszerek hazai adaptációjának segítése. A projekt további célkitűzése a partnerek közötti hálózat építése, a kapacitásokat összeszervezve kutatói csapatok által a nemzetközi kutatói vérkeringésbe történő bekapcsolódás. A Dunaújvárosi Egyetem Műszaki Intézete, azon belül a Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék a műszaki és környezettudomány területén végez kutatási tevékenységet. A projekt témája lehetőséget biztosít az egyes intézményekben meglévő kutatási potenciálok szinergiájára.

A kutatási tevékenység során olyan komplex ismeretek birtokába jutunk, amelyek hozzájárulnak a fenntartható mezőgazdálkodás megalapozásához, a jövő nemzedékek számára is elfogadható agrártermelési formák kialakításához, a fogalmak tisztázásához. A hasonló tématerületen végzett kutatási tevékenységek viszont egymást kiegészítve hozzájárulnak egy komplex terület teljes, átfogó elemzéséhez. A kialakuló kutatói szervezet mind méretében, mind a kutatói tevékenység nagyságában eléri azt a kritikus tömeget, amely lehetővé teszi a nemzetközi kutatói hálózatba történő bekapcsolódást. A projekt által kijelölt probléma vizsgálata és ezáltal a célkitűzései hazánkban teljesen újszerűek és hiánypótlónak tekinthetők.

A Dunaújvárosi Egyetem Műszaki Intézetének Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszéke több kutatási téma tekintetében is részt vesz a projektben, melynek egyes eredményei megjelennek a projekttel összefüggő tanulmányok között is.

Vivat Academia!

(A Szerkesztők)



Hibák felismerése megmunkált darabok palástján kamera és tükrök segítségével 2. rész Optika

Összefoglalás: Az autópárházban nagy szerepet kapott az alumíniumöntvények használata. A jelenleg gyártott és formázott öntvények csaknem 90%-át az alumínium teszi ki, melyek elterjedése a jó fizikai és öntési tulajdonságok megfelelő kombinációjának köszönhető.

Az öntvények minőségének egyik legfontosabb jellemzője az öntvény porózussága. A porozitás-vizsgálat során a legnagyobb kihívást a megmunkált furatok vizsgálata jelenti. Erre az esetre egy olyan berendezés megtervezése a cél, melynek segítségével – tükrök és kamera használatával – különböző átmérőjű furatok palástját lehet megvizsgálni és kiszűrni a hibás darabokat, így csökkentve a szubjektív döntéshozatalokat.

Kulcsszavak: Alumíniumöntvény; porózusság; furatok hibadetektálása.

Abstract: The use of aluminum castings has played a major role in the automotive industry. Almost 90% of the castings currently produced and formed are aluminum, the spread of which is due to the right combination of good physical and casting properties. One of the most important characteristics of casting quality is the porosity of the casting. The biggest challenge in porosity testing is the examination of machined holes. In this case, the goal is to design a device that allows mirrors and cameras to be used to inspect the mantle of holes of different diameters and filter out defective pieces, thus reducing subjective decision-making. This article summarizes the typical defects and test methods for machined holes.

Keywords: Aluminum cast; porosity; defect detection of holes.

**Dunaiújvárosi Egyetem, Műszaki
Intézet, Természettudományi és
Környezetvédelmi Tanszék
E-mail: koroknail@uniduna.hu*

[3] Kiss Endre (2008):
Mérnöki Fizika. Du-
naújváros.

Optika

ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS

A fény azon elektromágneses hullámok összessége, amelyeket az emberi szem észlelni képes, hullámhossz-tartománya 380–720 nm.

A fény a megfigyeléstől függően részecskeként vagy hullámként viselkedik.

A fény egyenes vonalú terjedése és az árnyékjelenségek a részecske természettel, a fény elhajlása és interferenciája a hullámtermészettel magyarázható.

A fény elektromágneses rezgés. Kettős, hullám-, illetve részecsketermészete van, ezért bizonyos jelenségeket hullámtani, másokat pedig kvantummechanikai tárgyalással lehet leírni.

A fény hullámhossza:
$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

ahol λ – a fény hullámhossza vákuumban, c – a fény terjedési sebessége vákuumban.

(közelítőleg: $3 \cdot 10^8 \left[\frac{m}{s} \right]$, ν – a fény frekvenciája)

Fermat-elv

Két pont között a fénysugár azokon az utakon halad, amelyek megtételéhez a legrövidebb időre van szükség más útvonalakkal szemben.

A geometriai távolság és a közeg törésmutatójának szorzatát optikai úthossznak nevezzük, vagyis a két pont között a fénysugár olyan utakon fog haladni, hogy azok mentén az optikai úthosszak összege egyenlő legyen.

A geometriai optika alaptörvényei [3]

- A fény egyenes vonalban terjed. Ez természetesen homogén, izotróp közegben érvényes.
- Különböző közegek határain a fénysugár megtörve folytatja útját. A fénytörést a Snellius–Descartes-törvény írja le.
- Különböző közegek határán a fény egy része visszaverődik, ezt a tükrötörvény írja le.

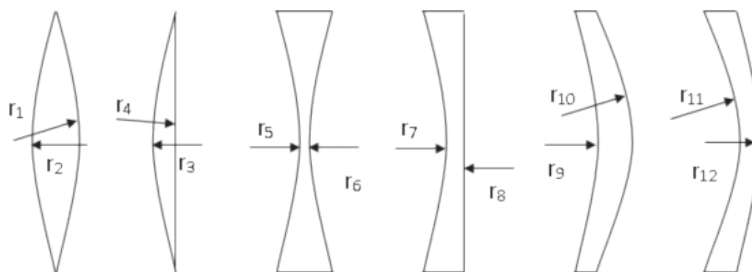
Eszerint a beeső, a visszavert fénysugár és a beesési merőleges egy síkban fekszik, valamint a beesési és a visszaverődési szög egyenlő. A szögeket a beesési merőlegetől mérjük, mely a fénysugár dőléspontjában a felület normálisa.

- A fénysugarak függetlenségének elve kimondja, hogy a tér egy pontján keresztül akárhány fénysugár haladhat egymás zavarása nélkül. E törvény nyilván nem érvényes például koherens lézerefények találkozása esetén, amelyek egymásra hatásakor interferencia jön létre.
- A fénysugarak megfordíthatóságának elve szerint ha a fény a tér egyik pontjából egy bizonyos útvonalon halad a tér egy másik pontjába, akkor a visszafelé indított fénysugár ugyanazon az úton fog haladni.

LENCSÉK

Az optikai lencsék gömbfelület-darabokkal, esetleg egyik oldalán síkkal határolt átlátszó testek.

3. ábra. Lencsetípusok

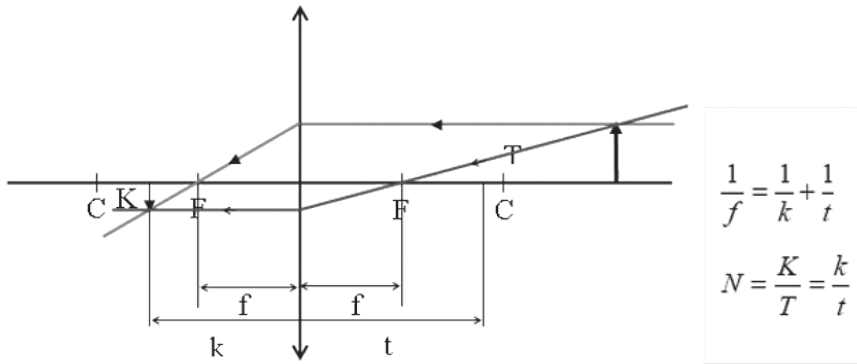


Gyűjtőlencse

Gyűjtőlencsének nevezzük azt a lencsét, amely az optikai tengellyel párhuzamosan érkező fénysugarakat a lencse másik oldalán egy pontban gyűjti össze.

Ezt a pontot a lencse fókuszpontjának (F) nevezzük. Minden lencsének két fókuszpontja van, melyek a lencse két oldalán az optikai középponttól azonos távolságra helyezkednek el.

4. ábra. Gyűjtőlencse-képpalkotás

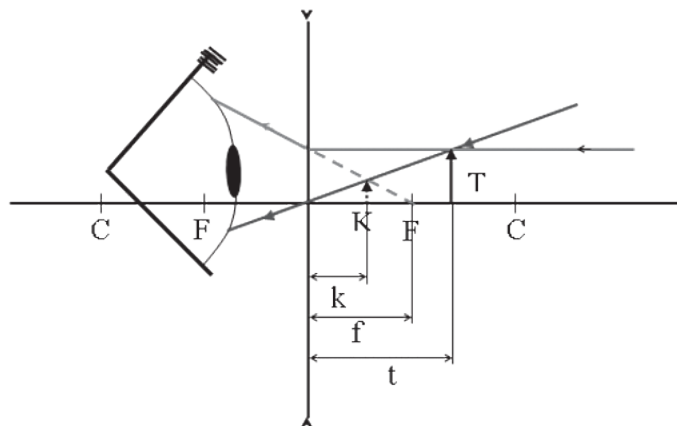


Szórólencse

Szórólencsének nevezzük az olyan lencsét, amely az optikai tengellyel párhuzamosan érkező fénysugarakat kétszeres törés után úgy szórja szét, mintha azok a lencse előtti egyetlen pontból indultak volna ki.

A szórólencsének is két fókuszpontja (F) van, melyek az optikai középponthoz képest szimmetrikusan helyezkednek el az optikai tengelyen.

5. ábra. Szórólencse-képpalkotás

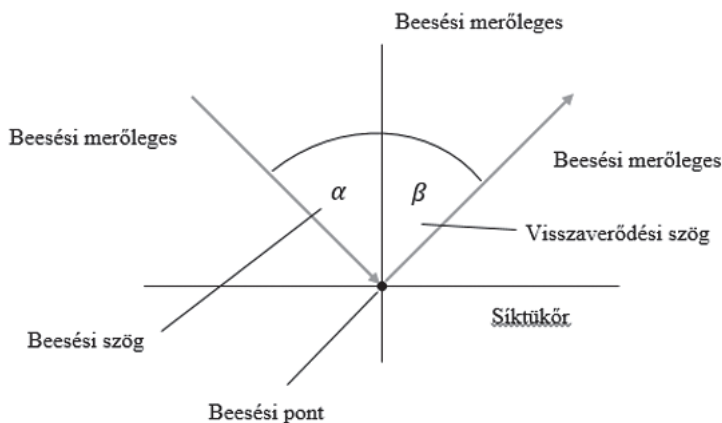


TÜKRÖK

Síktükör

Ha a fény egy, azt tökéletesen visszaverő felületre érkezik, akkor úgy verődik vissza, hogy a beeső sugár, a visszavert sugár, valamint a beesési merőleges egy síkban vannak, s a beesési szög megegyezik a visszaverődési szöggel.

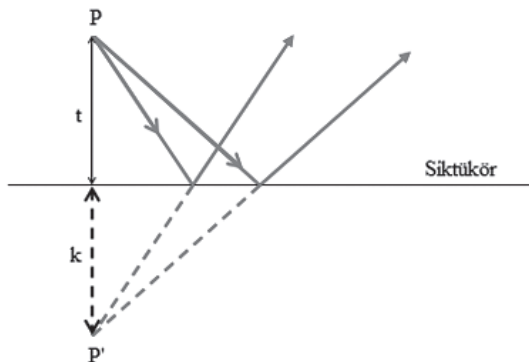
6. ábra. Síktükrökhöz tartozó fogalmak



Ha egy síktükör elé attól t távolságra egy tárgyat helyezünk, akkor a 6. ábra szerint szerkeszthetjük meg a képet, ami a tükör mögött $-k$ távolságra van. A k a képtávolság, aminek virtuális képe, negatív értéke és abszolút értéke megegyezik a tárgytávolsággal.

A Síktükör egyenes állású, azonos méretű, látszólagos képet ad a tárgyról a tükör mögött. A kép jobb- és baloldala fel van cserélve.

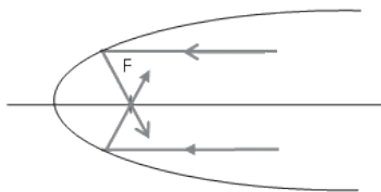
7. ábra. Síktükör-képződés



Paraboloid tükör

Ha egy forgási paraboloid formájú tükröt készítünk, akkor a paraboloid fókuszpontjába (F) helyezett pontszerű fényforrásból a tükrre eső fény úgy verődik vissza, hogy a sugarak párhuzamosak lesznek.

8. ábra. Parabolidtükr-visszaverődés

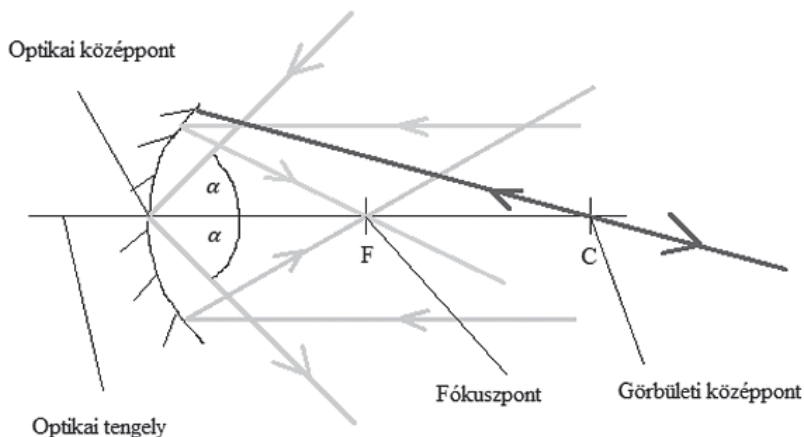


A valóságban általában jó minőségű forgási paraboloid felületet csak nagyon költséges eljárással lehet készíteni, gömbfelületet pedig olcsóbban, ezért a forgási paraboloid tükörrel megoldható feladatok nagyobb részét öt foknál kisebb nyílásszögű gömbtükrökkel szokás megoldani, s a továbbiakban mi is ezt az utat követjük.

Homorú tükör

A fizikában, a műszaki, és a hétköznapi életben sokszor használunk homorú gömbtüköröket. Ezek képeit néhány szekesztő sugárral tudjuk megrajzolni. A homorú gömbtükör esetében a felület görbületi sugara (r) a kétszerese a fókusz távolságnak (f). A fókuszpont az a pont, amelyben a tükörre párhuzamosan beeső fénysugarak találkoznak.

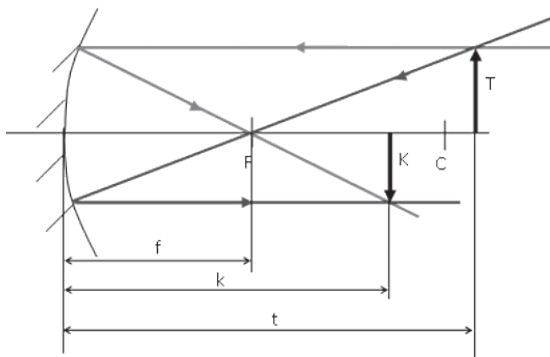
9. ábra. Visszaverődés homorú tükörről



Homorú tükör által előállított képek

Közelítsük a tárgyat a tükör felé a görbületi középponttól kívüli helyzetből, és nézzük meg a különböző helyzetű képeket.

10. ábra. Homorútükör-képzalkotás 2-szeres fókusz távolságon kívüli tárgynál



Ha a tárgy a görbületi középponton (C) kívül helyezkedik el (6.2.8. ábra), a kép a fókuszpont (F) és C közé esik, fordított állású, kicsinyített valódi kép. Ha a tárgyat távolítjuk a tükörtől, a kép F felé közeledik. A végtelen távoli tárgy képe egy az F-ben lévő pont. Ha a tárgyat közelítem, a tükör felé a kép távolodik, és ha a tárgy C-n áll, a kép is oda esik, azonos méretű és fordított állású.

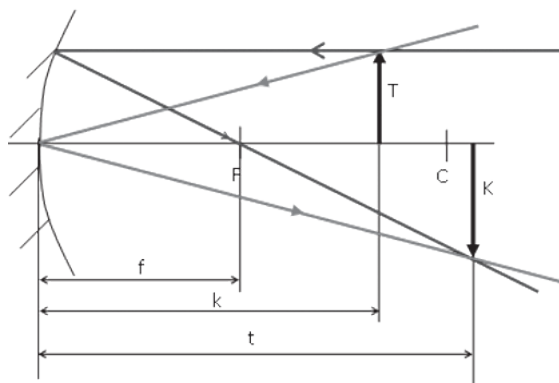
A képtávolságra (k), a tárgytávolságra (t) és a fókusz távolságra (f) érvényes a tüköregyenlet:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{k} + \frac{1}{t}$$

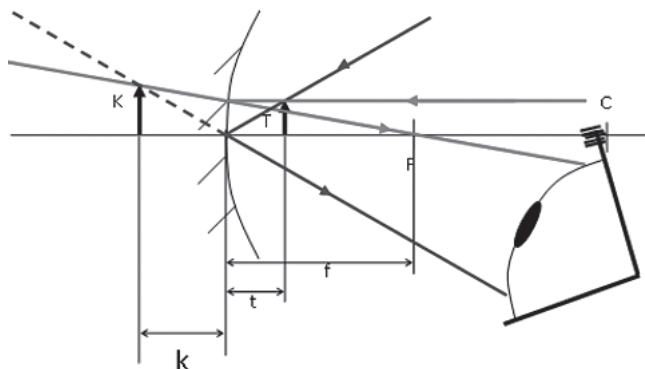
Ha a kép és a tárgy nagyságának a hányadosát nagyításnak nevezzük (megegyezik a képtávolság és a tárgytávolság hányadosával), akkor:

$$N = \frac{k}{t} = \frac{K}{T}$$

Ha a tárgy F és C között van (6.2.9. ábra), a kép a C-n kívülre esik, nagyított, fordított állású, valódi lesz. Ha a tárgyat F felé közelítem, a kép növekszik és távolodik a tükörtől. Ez az eset az előbbi elrendezés fordítottja. Itt az ún. reciprocitás elve érvényesül, azaz ha a tárgyat a kép helyére tesszük, akkor a kép a tárgy helyén keletkezik. A tüköregyenlet most is érvényes, és a nagyítást is ugyanúgy kell kiszámítani.



Ha a tárgy F és a tükör között van, a kép a tükör mögött keletkezik, egyenes állású, nagyított látszólagos kép lesz. Ha a tárgyat F felé közelítem, a kép távolodik a tükörtől és egyre nagyobb lesz. F-ben a kép végtelenben van és végtelen nagy.

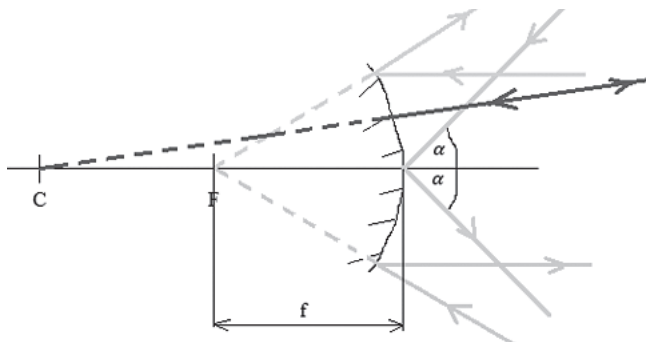


A homorú gömbtükröket reflektorként, borotválkozó tükörként és – a műszerekben – képalkotó eszközként használják leginkább.

Domború tükör

A domború gömbtükör a ráeső párhuzamos fénynyalábot széttartóvá teszi a szerkesztő sugarak számára. A széttartás középpontját virtuális fókuszpontnak nevezzük és a virtuális fókusz távolsága a tükörtől a görbületi sugár fele (mint a homorú tükörnél), de a fókusz távolság nevű fizikai mennyiség ebben az esetben negatív szám.

13. ábra. Visszaverődés domború tükörről



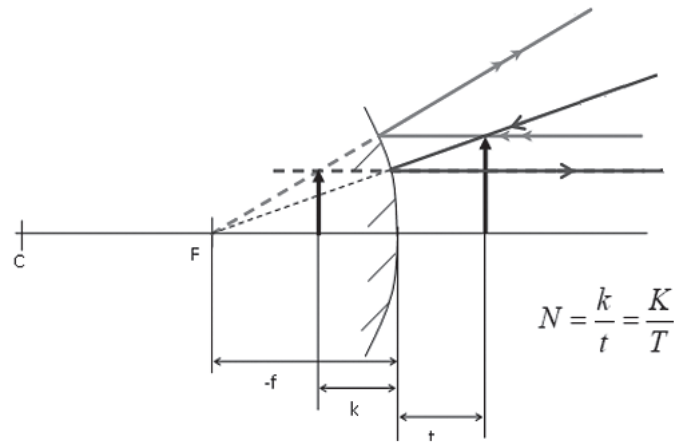
A domború tükör által alkotott kép

Domború tükör esetében a keletkezett kép jellege független a tárgy helyétől, és a 6.2.12. ábrán látható módon szerkeszthetjük meg.

A domború gömbtükör által előállított kép mindig kicsinyített, egyenes állású látszólagos, és a tükör mögött keletkezik. Most is érvényes a tüköregyenlet és a nagyítás kifejezése, azonban K , k , N és f negatív érték. Így kapjuk meg a tüköregyenlet megoldásaként, és negatív értékkel kell azokat behelyettesíteni is.

A domború tükör legelterjedtebb alkalmazása a visszapillantó tükörként való használat.

14. ábra. Domborútükör-képalkotás



Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség” című projektje támogatta.

Investigation of the possibility to recover scandium from red mud using EAF technology Part 3 Environmental considerations

Abstract: In this work, we studied and applied methods and techniques to extract scandium from red mud which considered as a toxic waste from extracting aluminum, using the electric arc furnace (EAF) technology to melt dried samples of red mud. Moving next to acid leaching using HCL, HNO₃, H₂SO₄ in different concentrations and normality with different temperatures to extract scandium. Electric electrodes and filtration processes were applied after distilled water wash. Finding the results using both electric microscope and ICP technology to analyze the extracting elements.

Keywords: Light rare-earth elements; heavy rare-earth elements; environmental considerations.

*Dunaújvárosi Egyetem, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék
E-mail: alkennaanm@uniduna.hu

**Dunaújvárosi Egyetem
E-mail: mirkowski@uniduna.hu

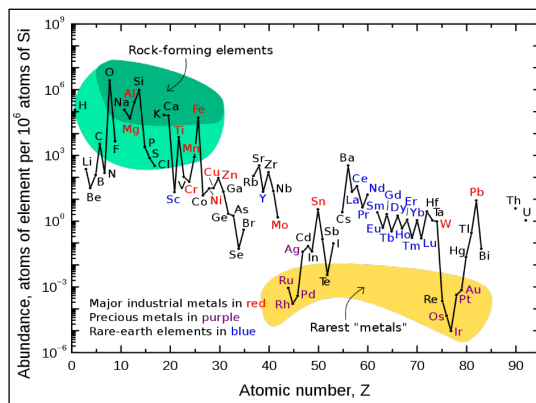
***Dunaújvárosi Egyetem, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék
E-mail: kisse@uniduna.hu

[47] Belli, P.–Bernabei, R.–Cappella, F.–Cerulli, R.–Dai, C. J.–Danevich, F. A.–d'Angelo, A.–Incicchitti, A.–Kobychev, V. V.–Nagorny, S. S.–Nisi, S.–Nozzoli, F.–Prosperi, D.–Tretyak, V. I.–Yurchenko, S. S. (2007): „Search for a decay of natural Europium." *Nuclear Physics A*.

[48] Winter, John D. (2010): *Principles of igneous and metamorphic petrology*. (2nd ed.): New York: Prentice Hall.

Geological distribution

Fig 2, Abundance of elements in Earth's crust per million Si atoms (y axis is logarithmic)



Rare-earth element cerium is actually the 25th most abundant element in Earth's crust. *Fig 2*, having 68 parts per million (about as common as copper): Only the highly unstable and radioactive promethium "rare earth" is quite scarce.

The rare-earth elements are often found together. The longest-lived isotope of promethium has a half-life of 17.7 years, so the element exists in nature in only negligible amounts (approximately 572 g in the entire Earth's crust). [47] Promethium is one of the two elements that do not have stable (non-radioactive) isotopes and are followed by (i.e. with higher atomic number) stable elements (the other being technetium):

During the sequential accretion of the Earth, the dense rare-earth elements were incorporated into the deeper portions of the planet. Early differentiation of molten material largely incorporated the rare earths into Mantle rocks. [48] The high field strength and large ionic radii of rare-earths make them incompatible with the crystal lattices of most rock-forming minerals, so REE will undergo strong partitioning into a melt phase if one is present. [48] REE are chemically very similar and have always been difficult to separate, but a gradual decrease in ionic radius from LREE

(light rare-earth elements) to HREE (heavy rare-earth elements), called lanthanide contraction, can produce a broad separation between light and heavy REE. The larger ionic radii of LREE make them generally more incompatible than HREE in rock-forming minerals, and will partition more strongly into a melt phase, while HREE may prefer to remain in the crystalline residue, particularly if it contains HREE-compatible minerals like garnet. [48][49] The result is that all magma formed from partial melting will always have greater concentrations of LREE than HREE, and individual minerals may be dominated by either HREE or LREE, depending on which range of ionic radii best fits the crystal lattice. [48]

Among the anhydrous rare-earth phosphates, it is the tetragonal mineral xenotime that incorporates yttrium and the HREE, whereas the monoclinic monazite phase incorporates cerium and the LREE preferentially. The smaller size of the HREE allows greater solid solubility in the rock-forming minerals that make up Earth's mantle, and thus yttrium and the HREE show less enrichment in Earth's crust relative to chondritic abundance than does cerium and the LREE. This has economic consequences: large ore bodies of LREE are known around the world and are being exploited. Ore bodies for HREE are more rare, smaller, and less concentrated. Most of the current supply of HREE originates in the "ion-absorption clay" ores of Southern China. Some versions provide concentrates containing about 65% yttrium oxide, with the HREE being present in ratios reflecting the Oddo–Harkins rule: even-numbered REE at abundances of about 5% each, and odd-numbered REE at abundances of about 1% each. Similar compositions are found in xenotime or gadolinite. [50]

Well-known minerals containing yttrium, and other HREE, include gadolinite, xenotime, samarskite, euxenite, fergusonite, yttrotantalite, yttrotungstite, yttrofluorite (a variety of fluorite), thalenite, yttrialite. Small amounts occur in zircon, which derives its typical yellow fluorescence from some of the accompanying HREE. The zirconium mineral eudialyte, such as is found in southern Greenland, contains small but potentially useful amounts of yttrium. Of the above yttrium minerals, most played a part in providing research quantities of lanthanides during the discovery days. Xenotime is occasionally recovered as a byproduct of heavy sand processing but is not as abundant as the similarly recovered monazite (which typically contains a few percent of yttrium): Uranium ores from Ontario have occasionally yielded yttrium as a byproduct. [50]

[49] Jébrak, Michel–Marcoux, Eric–Laithier, Michelle–Skipwith, Patrick (2014): *Geology of mineral resources* (2nd ed.): St. John's, NL: *Geological Association of Canada*.

[50] Powell, Devin, „Rare earth elements plentiful in ocean sediments, „*Science-News*, 3 July 2011. Via Kurt Brouwer's Fundmastery Blog, MarketWatch, 2011-07-05.

[48] Winter, John D. (2010): *Principles of igneous and metamorphic petrology*. (2nd ed.): New York: Prentice Hall.

[49] Jébrak, Michel–Marcoux, Eric–Laithier, Michelle–Skipwith, Patrick (2014): *Geology of mineral resources* (2nd ed.): St. John's, NL: *Geological Association of Canada*.

[50] Powell, Devin, „Rare earth elements plentiful in ocean sediments”, *ScienceNews*, 3 July 2011. Via Kurt Brouwer's Fundmastery Blog, MarketWatch, 2011-07-05.

Well-known minerals containing cerium, and other LREE, include bastnäsite, monazite, allanite, loparite, ancylite, parisite, lanthanite, chevkinite, cerite, stillwellite, britholite, fluocerite, and cerianite. Monazite (marine sands from Brazil, India, or Australia; rock from South Africa), bastnäsite (from Mountain Pass rare earth mine, or several localities in China), and loparite (Kola Peninsula, Russia) have been the principal ores of cerium and the light lanthanides. [50]

Enriched deposits of rare-earth elements at the surface of the Earth, carbonatites and pegmatites, are related to alkaline plutonism, an uncommon kind of magmatism that occurs in tectonic settings where there is rifting or that are near subduction zones [49]. In a rift setting, the alkaline magma is produced by very small degrees of partial melting (<1%) of garnet peridotite in the upper mantle (200 to 600 km depth) [49]. This melt becomes enriched in incompatible elements, like the rare-earth elements, by leaching them out of the crystalline residue. The resultant magma rises as a diapir, or diatreme, along pre-existing fractures, and can be emplaced deep in the crust, or erupted at the surface. Typical REE enriched deposits types forming in rift settings are carbonatites, and A- and M-Type granitoids. [48][49] Near subduction zones, partial melting of the subducting plate within the asthenosphere (80 to 200 km depth) produces a volatile-rich magma (high concentrations of CO₂ and water), with high concentrations of alkaline elements, and high element mobility that the rare-earths are strongly partitioned into. [48] This melt may also rise along pre-existing fractures and be emplaced in the crust above the subducting slab or erupted at the surface. REE enriched deposits forming from these melts are typically S-Type granitoids. [48][49]

Alkaline magmas enriched with rare-earth elements include carbonatites, peralkaline granites (pegmatites), and nepheline syenite. Carbonatites crystallize from CO₂-rich fluids, which can be produced by partial melting of hydrous-carbonated lherzolite to produce a CO₂-rich primary magma, by fractional crystallization of an alkaline primary magma, or by separation of a CO₂-rich immiscible liquid from [48][49]. These liquids are most commonly forming in association with very deep Precambrian Cratons, like the ones found in Africa and the Canadian Shield [48]. Ferro-carbonatites are the most common type of carbonatite to be enriched in REE, and are often emplaced as late-stage, brecciated pipes at the core of igneous complexes; they consist of fine-grained calcite and hematite, sometimes with significant concentrations of ankerite and minor concentrations of siderite. [48][49]

Large carbonatite deposits enriched in rare-earth elements include Mount Weld in Australia, Thor Lake in Canada, Zandkopsdrift in South Africa, and Mountain Pass in the USA. [49] Peralkaline granites (A-Type granitoids) have very high concentrations of alkaline elements and very low concentrations of phosphorus; they are deposited at moderate depths in extensional zones, often as igneous ring complexes, or as pipes, massive bodies, and lenses. [48][49] These fluids have very low viscosities and high element mobility, which allows for crystallization of large grains, despite a relatively short crystallization time upon emplacement; their large grain size is why these deposits are commonly referred to as pegmatites. [49] Economically viable pegmatites are divided into Lithium-Cesium-Tantalum (LCT) and Niobium-Yttrium-Fluorine (NYF) types; NYF types are enriched in rare-earth minerals. Examples of rare-earth pegmatite deposits include Strange Lake in Canada, and Khaladean-Buregtey in Mongolia. [49] Nepheline syenite (M-Type granitoids) deposits are 90% feldspar and feldspathoid minerals, and are deposited in small, circular massifs. They contain high concentrations of rare-earth-bearing accessory minerals. [48] [49] For the most part these deposits are small but important examples include Illimaussaq-Kvanefeld in Greenland, and Lovozera in Russia. [49]

Rare-earth elements can also be enriched in deposits by secondary alteration either by interactions with hydrothermal fluids or meteoric water or by erosion and transport of resistate REE-bearing minerals. Argillization of primary minerals enriches insoluble elements by leaching out silica and other soluble elements, recrystallizing feldspar into clay minerals such kaolinite, halloysite and montmorillonite. In tropical regions where precipitation is high, weathering forms a thick argillized regolith, this process is called supergene enrichment and produces laterite deposits; heavy rare-earth elements are incorporated into the residual clay by absorption. This kind of deposit is only mined for REE in Southern China, where the majority of global heavy rare-earth element production occurs. REE-laterites do form elsewhere, including over the carbonatite at Mount Weld in Australia. REE may also be extracted from placer deposits if the sedimentary parent lithology contained REE-bearing, heavy resistive minerals. [49]

In 2011, Yasuhiro Kato, a geologist at the University of Tokyo who led a study of Pacific Ocean seabed mud, published results indicating the mud could hold rich concentrations of rare-earth minerals. The deposits, studied at 78 sites, came from „hot plumes from hydrothermal vents pulling these materials out of seawater and depositing them on the seafloor, bit by bit, over tens of millions of years. One square patch of metal-rich mud 2.3 kilometers wide might contain enough rare earths to meet most of the global demand for a year, Japanese geologists report July 3 in Nature Geoscience." „I believe that rare-earth resources undersea are much more promising than on-land resources," said Kato. „Concentrations of rare earths were comparable to those found in clays mined in China. Some deposits contained twice as much heavy rare earths such as dysprosium, a component of magnets in hybrid car motors." [50]

Environmental considerations

[51] Volokh, A. A.–Gorbu-
nov, A. V.–Gundorina, S. F.–
Revich, B. A.–Frontasyeva, M.
V.–Chen Sen Pal (1990. 06.
01.): „Phosphorus fertilizer
production as a source of
rare-earth elements pollution
of the environment." *Science
of the Total Environment*.

[52] Rim, Kyung-Taek (2016.
09. 01.): „Effects of rare earth
elements on the environ-
ment and human health: A
literature review." *Toxicology
and Environmental Health
Sciences*.

[53] Bourzac, Katherine.

[54] „Govt cracks whip on
rare earth mining". China
Mining Association. May
21, 2010. Archived from the
original.

[55] China's Rare Earth
Dominance, Wikinvest.

[56] Lee Yong-tim (22 Febru-
ary 2008): „*South China
Villagers Slam Pollution from
Rare Earth Mine.*"

[57] Bradsher, Keith (October
29, 2010): „After China's Rare
Earth Embargo, a New Calculus." *The New York Times*.

REEs are naturally found in very low concentration in the environment. Near mining and industrial sites, the concentrations can rise to many times the normal background levels. Once in the environment REEs can leach into the soil where their transport is determined by numerous factors such as erosion, weathering, pH, precipitation, ground water, etc. Acting much like metals they can speciate depending on the soil condition being either motile or adsorbed to soil particles. Depending on their bioavailability REEs can be absorbed into plants and later consumed by humans and animals. Including the mining of REEs and REE-enriched fertilizers, the production of phosphorus fertilizers also contribute to REE contamination due to their production and deposition around the phosphorus fertilizer production plants. [51] Furthermore, strong acids are used during the extraction process of REEs, which can then leach out in to the environment and be transported through water bodies and result in the acidification of aquatic environments. Another additive of REE mining that contributes to REE environmental contamination is cerium oxide (CeO₂) which is produced during the combustion of diesel and is released as an exhaust particulate matter and contributes heavily to soil and water contamination. [52]

Mining, refining, and recycling of rare earths have serious environmental consequences if not properly managed. A potential hazard could be low-level radioactive tailings resulting from the occurrence of thorium and uranium in rare-earth element ores. [53] Improper handling of these substances can result in extensive environmental damage. In May 2010, China announced a major, five-month crackdown on illegal mining in order to protect the environment and its resources. This campaign is expected to be concentrated in the South [54], where mines – commonly small, rural, and illegal operations – are particularly prone to releasing toxic wastes into the general water supply. [55][56] However, even the major operation in Baotou, in Inner Mongolia, where much of the world's rare-earth supply is refined, has caused major environmental damage. [57]

EAF (electric arc furnace) technology

[60] Beaty, H. W.
(Ed.): *Standard
Handbook for Electrical
Engineers*. 11th Ed.

An electric arc furnace (EAF) is a furnace that heats charged material by means of an electric arc. Industrial arc furnaces range in size from small units of approximately one-ton capacity (used in foundries for producing cast iron products) up to about 400-ton units used for secondary steelmaking. Arc furnaces used in research laboratories and by dentists may have a capacity of only a few dozen grams. Industrial electric arc furnace temperatures can be up to 1,800 °C, while laboratory units can exceed 3,000 °C (5,432 °F):

Arc furnaces differ from induction furnaces in that the charge material is directly exposed to an electric arc and the current in the furnace terminals passes through the charged material.

CONSTRUCTION

An electric arc furnace used for steelmaking consists of a refractory-lined vessel, usually water-cooled in larger sizes, covered with a retractable roof, and through which one or more graphite electrodes enter the furnace [60]. The furnace is primarily split into three sections:

- the shell, which consists of the sidewalls and lower steel „bowl”;
- the hearth, which consists of the refractory that lines the lower bowl;
- the roof, which may be refractory-lined or water-cooled, and can be shaped as a section of a sphere, or as a frustum (conical section): The roof also supports the refractory delta in its center, through which one or more graphite electrodes enter.

The hearth may be hemispherical in shape, or in an eccentric bottom tapping furnace. the hearth has the shape of a halved egg. In modern melt shops, the furnace is often raised off the ground floor, so that ladles and slag pots can easily be maneuvered under either end of the furnace.

Separate from the furnace structure is the electrode support and electrical system, and the tilting platform on which the furnace rests.

[60] Beaty, H. W.
(Ed.): *Standard Handbook for Electrical Engineers*. 11th Ed.

[61] Benoit Boulet–Gino Lalli–Mark Ajersch: *Modeling and Control of an Electric Arc Furnace*.

[62] „Graphite Electrodes Solutions from GrafTech”.

[63] „Cross section of electric arc furnace”.
Kandi Engineering.

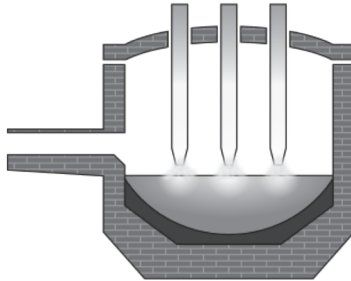
Two configurations are possible: the electrode supports and the roof tilt with the furnace or are fixed to the raised platform.

A typical alternating current furnace is powered by a three-phase electrical supply and therefore has three electrodes. [61] Electrodes are round in section, and typically in segments with threaded couplings, so that as the electrodes wear, new segments can be added. The arc forms between the charged material and the electrode, the charge is heated both by current passing through the charge and by the radiant energy evolved by the arc. The electric arc temperature reaches around 3000 °C, thus causing the lower sections of the electrodes to glow incandescently when in operation. [62]

The electrodes are automatically raised and lowered by a positioning system, which may use either electric winch hoists or hydraulic cylinders. The regulating system maintains approximately constant current and power input during the melting of the charge, even though scrap may move under the electrodes as it melts. The mast arms holding the electrodes can either carry heavy busbars (which may be hollow water-cooled copper pipes carrying current to the electrode clamps) or be „hot arms”, where the whole arm carries the current, increasing efficiency. Hot arms can be made from copper-clad steel or aluminum. Large water-cooled cables connect the bus tubes or arms with the transformer located adjacent to the furnace. The transformer is installed in a vault and is water-cooled. [60] AC furnaces usually exhibit a pattern of hot and cold-spots around the hearth perimeter, with the cold-spots located between the electrodes.

Modern furnaces mount oxygen-fuel burners in the sidewall and use them to provide chemical energy to the cold-spots, making the heating of the steel more uniform.

Additional chemical energy is provided by injecting oxygen and carbon into the furnace; historically this was done through lances (hollow mild-steel tubes [63]) in the slag door, now this is mainly done through wall-mounted injection units that combine the oxygen-fuel burners and the oxygen or carbon injection systems into one unit.



A schematic cross-section through an EAF. Three electrodes (yellow), molten bath (gold), tapping spout at left, refractory brick movable roof, brick shell, and a refractory-lined bowl-shaped hearth.

Acknowledgement

Thanks for the support of EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Produce together with the nature – agroforestry as a new outbreaking possibility” project.

Gas separator Part 4

Pulsed corona discharge for hydrogen sulfide decomposition

Abstract: The Separation of different mixture of gases in different power plants and particular environments are key activities nowadays. Even though the removal of particulate matter from flue and exhaust gases using electrostatic field is a very widely investigated and very successfully applied in daily industrial practice; The separation of gases using electrostatic field is less researched and not really applied in the industrial practice. The charging of gas molecules and atoms can be executed rather easily in some cases, but to generate unipolar charged particle cloud is rather difficult process. For this research at first a mono-polarly charged gas cloud is needed. For that, a so called boxer charger equipment is developed and built using a technology similar to that developed by professor Masuda of the University of Tokyo. After that step a gas is selected which can be mono-polarly charged, and mixed with some carbon dioxides or methane to start the separation process. The process' mathematical model is also under development.

Keywords: Pulsed corona discharge; hydrogen sulfide decomposition; energy efficiency.

* *Dunaújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék*
E-mail: amanuelm@uniduna.hu

** *Dunaújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék*
E-mail: eliasa@uniduna.hu

*** *Dunaújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék*
E-mail: kisse@uniduna.hu

PULSED CORONA DISCHARGE FOR HYDROGEN SULFIDE DECOMPOSITION

Introduction

Hydrogen and fuel gas systems often contain hydrogen sulfide as an impurity, especially when derived from coal gasification. Hydrogen sulfide is usually present in concentrations up to a few percent by volume. The commercial use of such a gas calls for its desulfurization to the levels of 0.1 ppm (fuel cells) to 10 ppm (synthetic natural gas):

The methods generally used for the desulfurization of these gases are liquid absorption of H_2S by an alkanolamine solution or a sodium carbonate solution, liquid phase oxidation of H_2S to sulfur by means of dissolved oxygen carriers such as sodium vanadate, and dry oxidation of H_2S by iron oxide. Except for the iron oxide process, these methods require several steps for regeneration of the absorption liquor and for sulfur production. The iron oxide process is no longer economic due to the need to replace and dispose of spent oxide.

H_2S decomposition to hydrogen and sulfur can be directly achieved electronically, without the introduction of chemical sorbents. The chemical kinetics of gas phase electronic H_2S decomposition is well understood. Initially, hydrogen ions are created through collisions with energetic electrons:



The ionized hydrogen gas undergoes an extremely rapid reaction with neutral hydrogen given by:



The H atoms are active in the conversion of hydrogen sulfide to elemental sulfur according to the reactions:



The energetic electrons needed to initiate the reactions cited above can be generated by many available technologies. Minimum required electron energy is the ionization potential of hydrogen at 15.4 electron volts, which can be achieved in gas discharges such as glow or arc. Alternately, high energy electron beams can be employed in which each primary electron of energy on the order of one MeV produces thousands of hydrogen ions.

Experiments in H_2S dissociation have been carried out utilizing many of these electron sources. Fair and Thrush (1969) used a radio frequency discharge within a flow tube to show that reaction 3 is first order with respect to hydrogen atom and hydrogen sulfide concentration. Using a microwave discharge to produce H atoms, Bradley et al. (1973) determined the rate constants for reactions 3 and 4. Haas and Khalafalla (1973) subjected gas mixtures containing 3% H_2S to an ozonizer discharge with argon, nitrogen, helium and hydrogen used as diluent gases. They found that the greatest H_2S destruction occurred when argon was used as the diluent gas and the least H_2S destruction occurred when hydrogen was the diluent. Nielsen (1979) irradiated H_2SiH_2 mixtures with 2MeV electrons. He found that as H_2S concentration increases, reaction 3 follows pseudo-first order kinetics, independent of H_2S concentration. In all the investigations above, elemental sulfur was found to be the principal decomposition product.

While the work done to date shows promise, many questions remain unanswered. All of the research described above has been done at or below atmospheric pressure. In order to determine if this electronic method has real-world applicability, high pressure performance must be proven. None of the experimental investigations described above explicitly documents the energy efficiency of the electrical discharge promoted molecular conversion. Electric discharge chemistry tends to be energy intensive, especially at high pressure, hence it is necessary to determine the energy efficiency of the process in order to estimate commercial viability. In order to resolve these issues a test program was carried out with the objective to demonstrate electronic desulfurization of fuel gas containing up to 2% H_2S . A corona discharge was chosen as the source of energetic electrons, and applied electrical energy to the gas was varied from 0 to 100 joules/cc.

CORONA DISCHARGE

A corona discharge is created by applying a large electric potential between two electrodes, one having a much smaller radius of curvature than the other. A typical example of this configuration is a coaxial wire within a pipe. As the potential difference between the wire and pipe is increased, it is found that the gas near the more sharply curved electrode begins to ionize and a glow appears at the wire surface, extending into the gas.

In the case of a negative discharge wire, free electrons in the high-field zone near the wire gain energy from the field to produce positive ions and other electrons by collision. These new electrons are in turn accelerated and produce further ionization, thus giving rise to the cumulative process termed an electron avalanche.

Energy Efficiency of Hydrogen Sulfide Decomposition in a Pulsed Corona Discharge Reactor

The annual demand for hydrogen in the U.S. chemical and refining industries for 2005 was about 8.2 million metric tons (2005), mainly for use as a reactant in the synthesis of ammonia and methanol and in petroleum hydrosulfurization, hydrocracking, and upgrading processes. Merchant hydrogen production for use in refineries and chemical plants was about 1.4 million metric tons per year (2005): Although the total hydrogen consumption is growing at about 4 percent annually, growth in the merchant hydrogen business is higher, estimated to be about 10 percent, as refineries shift away from captive hydrogen production (2008): With the cost of sweet crude oil increasing, refineries are processing more heavy sour crude, which requires additional hydrogen for sulfur removal. Legislation limiting sulfur content in gasoline and diesel require more hydrotreating process steps in refineries. In addition, as hydrogen is being developed as an energy carrier, the predominant hydrogen production method, steam reforming of natural gas, may be insufficient for future needs. For example, by 2040, the use of hydrogen in fuel cell powered cars and light trucks is anticipated to require annual production of approximately 136 million metric tons of hydrogen (2004):

Hydrogen sulfide (H_2S) is a common contaminant (from ppm concentrations to 90% by volume) in many of the world's natural gas wells. In natural gas processing, it is viewed as a pollutant because it corrodes pipelines and deactivates metal-based catalysts used in steam methane reformation (Huang and T-Raissi, 2008): Traditionally, H_2S is converted via the Claus process to sulfur and water, resulting in a loss of the hydrogen content of the H_2S as low-grade steam. H_2S would be more economically valuable if both hydrogen and sulfur could be recovered. We estimate the U.S. H_2S production rate from natural gas plants and oil refineries to be on order of 10 million metric tons per year. The theoretical energy required to produce hydrogen from H_2S is only 20.63 kJ/mol H_2 as compared to 63.17 kJ/mol H_2 for steam methane reforming and 285.83 kJ/mol H_2 for water electrolysis, all calculated from standard heats of formation at 298 K (Smith and Van Ness, 1987): Therefore, H_2S represents a significant potential future source of lowcost hydrogen, if efficient processes are developed to extract and recover the H_2 . H_2S decomposition in various types of plasma reactors has been investigated as a method to recover the H_2 . Unfortunately, the reported energy consumptions are much higher than the theoretical energy requirement of 0.21 eV per decomposed H_2S molecule (20.63 kJ/mol H_2): All but one of the reported efficiencies exceed the energy requirement of 3.6 eV per H_2 molecule produced required for conventional steam methane reforming, the predominant hydrogen production method, with all separation equipment included (Cox et al., 1998): Dalaine et al., (1998a,b) investigated H_2S conversion in gas systems with concentrations of 0–100 ppm H_2S in air using gliding arc discharges. This type of reactor is rather inefficient, with an energy consumption

of 500 eV/H₂S molecule dissociated. A large amount of work on microwave decomposition of H₂S was carried out in the former Soviet Union (Asisov et al., 1985; Bagautdinov et al., 1992, 1993a,b,1995, 1998):

Very low energy consumptions of 0.76 eV/H₂S were reported in both laboratory and pilot units used for the decomposition of pure H₂S or mixtures with CO₂. Encouraged by these reports of high conversions and low energy requirements, a joint project for H₂S conversion using microwave plasmas was undertaken by the Alberta Hydrogen Research Program, Atomic Energy of Canada, and Shell Canada Limited.

Unfortunately, this group reported the energy consumption for H₂S conversion to be about ~4.5 eV/H₂S (Cox et al., 1998) and thus was unable to reproduce the low energy consumption reported by the Russian researchers. All microwave plasma experiments for H₂S conversion in the Canadian studies were performed at pressures below 1 atmosphere, which requires additional energy consumption for compression and vacuum costs. Traus and Suhr (1992) and Traus et al. (1993) investigated conversion of H₂S at 10–100 mol% concentrations in Ar, N₂, and H₂ in a silent discharge reactor and in a rotating glow discharge reactor. They found that the energy consumption for H₂S conversion in a rotating glow discharge reactor (~27 eV/H₂S) is less than that in a silent discharge reactor (~81 eV/H₂S):

In addition, Aboletsev et al. (1995) [2] and Ma et al. (2001) investigated decomposition of low (ppm) concentrations of H₂S in different balance gases, including air, N₂, H₂, He, and CH₄, using a silent discharge reactor. H₂S conversion in pulsed corona discharge reactors was also studied by several investigators (Averin et al., 1996; Helffrich, 1993; Ruan et al., 1999; Wiseman and Douglas, 1972): These investigations were conducted at low H₂S concentrations (<2 mol %) with high (>100 eV/H₂S) energy consumption, which are not practical conditions for commercial application.

We previously reported the lowest energy consumption of 17.4 eV/H₂S molecule for moderately high concentrations of H₂S, 16% H₂S in Ar, (Zhao et al., 2007) at nonvacuum pressures (134 kPa): Also, at higher H₂S concentrations (>16 mol %), H₂S decomposition in Ar produced higher conversions and reaction rates, as compared to those in He, N₂, and H₂. Therefore, Ar was selected as the balance gas for most of the future experiments. Although Ar can be separated from H₂S and H₂ at the reactor outlet 5 and recycled to the process, it is relatively expensive compared to N₂. Therefore, Ar diluted with N₂ was also used as a balance gas with improved performance.

The electrical parameters of charge voltage (V_c), pulse frequency (f), and pulse forming capacitance (C_p) have been reported to impact the conversion of various reactants in plasma reactors. For methane conversion, the moles of methane converted per unit of energy supplied decreased with increasing charge voltage and increased with increasing pulse-frequency (Ma et al., 2001), while methane conversion and energy efficiency were higher at a pulse forming capacitance of 1280 pF as compared to 1920 pF at different power inputs (Zhao et al., 2006b): H₂S conversion increased with increasing charge voltage for ppm concentrations of H₂S in an ozonizer (Haas and Khalafalla, 1973): NO conversion at ppm concentrations (Mok, 2000) increased with increasing pulse frequency and capacitance. In all these studies, the total

[2] Abolentsev, V. A.–
Korobtsev, S. V.–Med-
vedev, D. D.–Potap-
kin, B. V.–Rusanon,
V. D.–Fridman, A.
A.–Shiryaevskii, V.
L. (1995): Pulsed
„wet” discharge as an
effective means of
gas purification from
H₂S and organosul-
fur impurities. *High
Energy Chemistry*. 29.
p. 353.

power supplied to the reactor changed as each of these parameters changed because power input is defined as $P = \frac{1}{2} C_p V_c^2 f$, where C_p is the pulse forming capacitance, V_c is the charge voltage, and f is the pulse frequency. This study reports the effect of these parameters at constant power to isolate the effects on H₂S conversion as these parameters were varied at constant power input.

Acknowledgement

Thanks for the support of EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Produce together with the nature – agroforestry as a new outbreking possibility” project.

Automatizált adatgyűjtés alkalmazási lehetőségei az agrárerdészetben

Összefoglalás: Napjainkban egyre szélesebb körben alkalmazottak az automatizált adatgyűjtő rendszerek az agrárerdészetben, mivel a szenzorok mérései alapján megtervezhetőek a szükséges agrotechnikai beavatkozások. Az ilyen rendszerek kialakítása különösen nehézkes és költséges lehet. Ezen kutatás célja a lehetséges technológiák megvizsgálása, illetve a felmerülő problémákra a lehetséges megoldások feltárása a szakirodalom alapján. A kutatás eredményeként megállapítható, hogy a megfelelő technológia kiválasztása nagy mértékben alkalmazásspecifikus. A vezeték nélküli szenzorhálózatok széles körben alkalmazhatóak, telepítésükhöz viszont energiahatékony eszközökre és algoritmusokra van szükség. Az optimális működéshez megfelelő szinkronizációs és lokalizációs módszereket is alkalmazni kell.

Kulcsszavak: Adatgyűjtő rendszerek; vezeték nélküli szenzorhálózatok; energiahatékonyság.

Abstract: Nowadays, automated data acquisition systems are increasingly used in agroforestry, since the necessary agrotechnical interventions can be planned based on the measurements of the sensors. The design of such systems can be hard and costly. The aim of this research is to examine the possible technologies and to explore the possible solutions to the problems based on the literature. As a result of the research, it can be concluded that the selection of the appropriate technology is largely application-specific. Wireless sensor networks are widely used, but their implementation requires energy-efficient devices and algorithms. Appropriate synchronization and localization methods also need to be used for optimal operation.

Keywords: Data acquisition systems; wireless sensor networks; energy efficiency.

*Szabadkai Műszaki Szakfőiskola
E-mail: sarcevic@vts.su.ac.rs

*Dunaiújvárosi Egyetem, Műszaki
Intézet, Természettudományi és
Környezetvédelmi Tanszék
E-mail: kovari@uniduna.hu

[1] Pajares, G. (2011):
*Advances in sensors
applied to agriculture
and forestry*. 11. (9).
8930–8932.

[2] Piironen, R.–
Heiskanen, J.–Ma-
eda, E.–Viinikka,
A.–Pellikka, p. (2017):
Classification of tree
species in a diverse
African agroforest-
ry landscape using
imaging spectroscopy
and laser scanning.
Remote Sensing. 9. (9).
p. 875.

Bevezető

A talajtulajdonságok és a termőhelyi viszonyok változóak, melyeket megfelelő érzékelőkkel mérni lehet. A termesztett növény igényei alapján ezen mérési adatok felhasználásával megtervezhetőek a szükséges agrotechnikai beavatkozások. Ezért az agrárerdészetben és hasonló területeken egyre fontosabb az automatizált adatgyűjtő rendszerek kialakítása.

A szenzorok adatai többnyire egy központi rendszer felé kerülnek továbbításra, amelyen – a mérési adatok alapján – egy megfelelő algoritmus meghatározza a beavatkozás szükségességét. Az adatok később felhasználhatóak különböző statisztikák készítésére is.

A tanulmányon belül megvizsgálásra kerülnek az alkalmazható technológiák, az adott technológiák előnyei és hátrányai, a telepítés során felmerülő problémák forrásai, illetve az ezekre lehetséges megoldások.

Alkalmazott technológiák

ALKALMAZOTT ÉRZÉKELŐK

Az agrárerdészeti alkalmazásokban különböző jellemzők mérésére lehet szükség. [1] Gyakran fontos a talaj valamely jellemzőjének mérése, mint a nedvességtartalom, elektromos vezetőképesség, tápanyagtartalom stb.; a környezeti jellemzők meghatározására használható fényérzékelő, hőmérsékletszenzor, páratartalom-érzékelő, stb. Ezeken kívül egyéb paraméterek is fontosak lehetnek, mint magasság mérése, például fák esetén. [2] A mérések feldolgozásához pedig fontos paraméter lehet még a mérés helyének ismerete, így gyakran szükség van helymeghatározó rendszerekre is.

A technológia fejlődésével ma már az érzékelők széles palettán állnak rendelkezésre. Elérhetőek különböző méretben, pontosságban, kivitelben és – természetesen – árban.

ALKALMAZOTT ADATGYŰJTŐ RENDSZEREK

Agrárerdészeti alkalmazásoknál a megfigyelendő terület nagy mérete miatt két lehetséges technológia áll rendelkezésre: távérzékelés és vezeték nélküli szenzorhálózatok. A két technológia előnyeit és hátrányait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A technológiák előnyei és hátrányai

	Előnyök	Hátrányok
Távérzékelés	– Nagy terület vizsgálatára alkalmasak	–Nem képesek a talaj direkt mérésére –Nem valósítható meg állandó felügyelet
Vezeték nélküli szenzorhálózatok	–Állandó megfigyelést biztosítanak (függ a mintavételezési frekvenciától) –Lehetőség van a talaj direkt mérésére	–Általában nincs állandó tápellátás –Kommunikációs problémák –Adott paraméterek mérésére nem képesek (pl. magasság)

Az 1. táblázatban látható előnyök és hátrányok alapján megállapítható, hogy az alkalmazandó technológia függ a szükséges adatoktól, illetve a rendelkezésre álló infrastruktúrától. Tehát, az optimális választás alkalmazásfüggő.

Távérzékelés

Távérzékelő (angolul remote sensing) rendszerek esetén légi felvételek készülnek, melyekből megfelelő jelfeldolgozási/képfeldolgozási módszerekkel különböző feladási jellemzők nyerhetők ki.

Ezen rendszereken belül további három technológia áll rendelkezésre [3]:

- műholdas távérzékelés;
- légi távérzékelés – pl. repülő;
- pilóta nélküli légi jármű (angolul Unmanned Aerial Vehicle, UAV) alapú távérzékelés – pl. drónok.

[3] Pádúa, L.–Vanko, J.–Hruška, J.–Adão, T.–Sousa, J. J.–Peres, E.–Morais, R. (2017): UAS, sensors, and data processing in agroforestry: A review towards practical applications. *International journal of remote sensing*. 38. (8–10). Pp. 2349–2391.

[4] Xiang, T. Z.–Xia, G. S.–Zhang, L. (2019): Mini-unmanned aerial vehicle-based remote sensing: techniques, applications, and prospects. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*. 7. (3). Pp. 29–63.

[5] Ouyang, F.–Cheng, H.–Lan, Y.–Zhang, Y.–Yin, X.–Hu, J.–Chen, S. (2019): Automatic delivery and recovery system of Wireless Sensor Networks (WSN) nodes based on UAV for agricultural applications. *Computers and Electronics in Agriculture*. 162. Pp. 31–43.

A három technológia között a legjelentősebb különbség a magasság, amelyről a felvételeket készítik és a terület, amelyet lefednek [4]: a műholdak találhatóak a legmagasabban (>150 km), a légi távérzékelés 30 km alatti magasságokon történik, míg a pilóta nélküli légi járművek körülbelül 3 km alatti magasságokon működnek. Lefedtettség szempontjából természetesen a műholdaknál a legnagyobb ez terület ($10\text{--}1000$ km²), a légi távérzékelésnél $10\text{--}100$ km², az UAV-ok esetén pedig $0,1\text{--}100$ km².

A légi távérzékelésnél és az UAV-oknál rendkívül fontos a járművek pontos pozíciójának és orientációjának ismerete, így ehhez Globális Helymeghatározó Rendszer (Global Positioning System, GPS) szoktak alkalmazni.

Vezeték nélküli szenzorhálózatok

A vezeték nélküli szenzorhálózatok (Wireless Sensor Networks, WSN) nagyszámú vezeték nélkül kommunikáló szenzoregységből állnak. Természetesen kialakíthatóak vezetékes kommunikációt alkalmazó rendszerek is, viszont ehhez telepített vezetékrendszer szükséges, ami agrárterület esetén a nagy terület miatt nehézkes és költséges, így leginkább vezeték nélküli rendszereket szoktak alkalmazni. Ilyen esetekben – a vezetékek hiánya miatt – állandó tápellátás sem biztosítható.

Adatgyűjtés WSN-ek segítségével

Vezetékes kommunikációra általában nincs lehetőség, mivel a vezetékek telepítése drága, így vezeték nélküli kommunikációt kell alkalmazni. [5]

KOMMUNIKÁCIÓ

Vezeték nélküli kommunikáció lehetséges GPRS- (General Packet Radio Service) hálózat segítségével vagy rádiókommunikációval.

A GPRS-rendszerek hátrányai:

- Szükség van SIM kártyára – növeli a rendszer árát és komplexitását.
- Mobilhálózati gondok – sok helyen nincs megfelelő minőségű hálózat.

- Magassabb ár – a GPRS-modulok ára más technológiákhoz viszonyítva elég magas.
- A pozíció meghatározásához GPS-re van szükség.

TÁPELLÁTÁS

Vezetékek hiányában az állandó tápellátás sem megvalósítható. Ez a probléma elem vagy akkumulátor használatával kiküszöbölhető. Alkalmazhatóak napelemek is, viszont nagyméretűek, megnövelik a rendszer árát, megfelelő állványra van szükség, és fedett terület esetén (pl. fák között) nem kapnak elég napfényt.

A FOGYASZTÁS CSÖKKENTÉSE

Az elemek nagy fogyasztás esetén csak rövid élettartamot biztosítanak, így gyakori elemcserére van szükség. Az élettartam nagymértékben növelhető kisfogyasztású rendszerek alkalmazásával és energiahatékony algoritmusok megvalósításával. [6] Ilyen célokra mikrovezérlő-alapú rendszereket célszerű alkalmazni [7], melyek között léteznek alacsony fogyasztású típusok (pl. Atmel ATmega 1281L 8-bit). A fogyasztás nagymértékben csökkenthető a mikrovezérlő alvó módjának (sleep mode) alkalmazásával és a többi elem kikapcsolásával vagy alvó módban tartásával. Például, az előbb említett Atmel ATmega 1281L fogyasztása 8mA aktív és 8 μ A alvó mód esetén. Alvó módból a mikrovezérlő felébreszthető egy külső jel vagy egy belső időzítő hatására. Agrárerdészetben a legtöbb esetben nincs szükség nagyfrekvenciájú mintavételezésre (esetenként elegendő például 1 óra vagy még nagyobb periódus), így a rendszert elég csak a mérés végzésére felébreszteni.

Rádiókommunikáció terén szintén lényeges a fogyasztás minimalizálása. A folyamat során fontos megtalálni az optimumot a hatótávolság és a fogyasztás között. Az optimalizált rendszerek általában 50-100 m maximális hatótávolsággal rendelkeznek. Az adatfogadáshoz gyakran hasonló nagyságú vagy akár több energia szükséges, mint a küldéshez.

[6] Popescu, D.–Stoican, F.–Stamatescu, G.–Ichim, L.–Dragana, C. (2020): Advanced UAV–WSN System for Intelligent Monitoring in Precision Agriculture. *Sensors*. 20. (3). P. 817.

[7] Sahitya, G.–Balaji, N.–Naidu, C. D.–Abinaya, S. (2017, January): *Designing a wireless sensor network for precision agriculture using ZigBee*. In: 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC). Pp. 287–291. IEEE.

[8] Djenouri, D.–Bagaa, M. (2014): Synchronization protocols and implementation issues in wireless sensor networks: A review. *IEEE Systems Journal*. 10. (2). Pp. 617–627.

[9] Paul, A. K.–Sato, T. (2017): Localization in wireless sensor networks: A survey on algorithms, measurement techniques, applications and challenges. *Journal of Sensor and Actuator Networks*. 6. (4). p. 24.

[10] Dong, W.–Chen, C.–Liu, X.–Bu, J. (2010): Providing OS support for wireless sensor networks: Challenges and approaches. *IEEE communications surveys & tutorials*. 12. (4). Pp. 519–530.

IRIS mote esetén például, mely RF231 IEEE 802.15.4 kompatibilis adóvevőt alkalmaz, 17 mA szükséges a küldéshez, és 16 mA a fogadáshoz.

A hatótávolság csökkentése miatt általában nem tudja minden elem direkt elérni a központi egységet, így másik elemen keresztül kell elérni azt. Ezeket a megvalósításokat angolul multi-hop rendszereknek nevezik.

Fogyasztás terén nagy javulás érhető még el a kommunikáció megfelelő időzítésével. Ha az egység csak másik elemen keresztül tudja elérni a központi egységet, akkor azoknak egyszerre kell ébren lenniük. Ez csak hatékony szinkronizációs algoritmusok felhasználásával lehetséges. [8]

LOKALIZÁCIÓ

A WSN-hálózatok általában a térben szétszórt elemekből (node) állnak. A mérési adatok feldolgozása során fontos ismerni ezek pontos helyét.

A pontos helyzet meghatározása lehetséges:

- GPS alkalmazásával – nem javasolt az ár és a fogyasztás miatt.
- Telepítés során, GPS-adatok rögzítésével – véletlenszerűen szétszórt elemek esetén nem lehetséges.
- Megfelelő lokalizációs algoritmus alkalmazásával.

A lokalizációra számos megoldás létezik. [9] A legtöbb módszer a jelerősség (Received Signal Strength Indicator, RSSI) mérését alkalmazza az elemek között, melyből például háromszögeléssel határozza meg az egyes node-ok helyzetét. Ez egy rendkívül nehéz feladat, mivel az RSSI nem megbízható, és a visszaverődések és interferenciák is befolyásolják a méréseket. Léteznek olyan lokalizációs módszerek is, amelyek azt az információt használják fel, hogy mely elemek szomszédok (egymással kommunikálni képes elemek), és ez alapján becsülnek pozíciót.

PROGRAMOZÁS

Több cég is gyárt ilyen célra optimalizált eszközöket, melyekhez speciális operációs rendszerek is lettek már fejlesztve, ilyen a TinyOS vagy a Contiki. [10] Saját fejlesztésű célelektronika esetén ezek az operációs rendszerek hozzáilleszthetők az egységhez, ami nagymértékben meggyorsíthatja a szoftverfejlesztést.

Összefoglalás

Az agrárerdészetben fontos az automatizált adatgyűjtő rendszerek alkalmazása, melyek adott érzékelők mérési adatait továbbítják egy központi egység felé. A tanulmány az alkalmazható technológiákat és azok telepítési problematikáit mutatta be.

Az alkalmazható technológiák közé a távérzékelő rendszerek és a vezeték nélküli szenzorhálózatok sorolhatóak. Mindkettőnek vannak előnyei és hátrányai, így az optimális választás alkalmazásfüggő.

Vezeték nélküli szenzorhálózatok esetén fontos alacsony fogyasztású elemekből kialakított célelektronika fejlesztése, illetve energiahatékony működés megvalósítása. Az energiahatékonyt különböző szinkronizációs algoritmusok segíthetik, véletlenszerűen szétszórt egységek esetén pedig hatékony lokalizációs algoritmusok nyújtanak segítséget.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség” című projektje támogatta.

Ózonkoncentráció-mérés 2. rész Az ózon hatásai és kimutatása

Összefoglalás: Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a Föld légkörének magas ózonkoncentrációja, melynek jellemző élettani hatása van: erős oxidáló hatása miatt az egészségre ártalmas, a légutakban funkcionális és morfológiai változásokat okoz. Az ózon kellemetlen szagú, izgatja a szemet és a légzőszervek nyálkahártyáját, súlyosbítja a krónikus betegségeket, elsősorban a hörghurutot és az asztmát. Az ózon a második legerősebb oxidálószer, emiatt – 0,1 és 3% koncentráció között – ideális fertőtlenítő, sterilizáló szer. Az ózon megfelelő használatához természetesen szükség van ózonkoncentrációt mérő berendezésekre, melyek elérhetőek a piacon, de meglehetősen magas áron, mivel az abszorpciós méréshez használt fényforrások nagyon drágák és kissé bizonytalanok. A félvezető optikai anyagok fejlődésével mára elérhetővé váltak a 255 nm hullámhosszon dolgozó UV LED-ek, illetve az ezen a tartományon is működő fényérzékelők. Ezekkel az eszközökkel az eddigieknél jobb ózonkoncentráció-mérőt készíthetünk.

Kulcsszavak: Ózon; ózon koncentráció; UV.

**Dunaiújvárosi Egyetem, Műszaki
Intézet, Természettudományi és
Környezetvédelmi Tanszék
E-mail: koroknail@uniduna.hu*

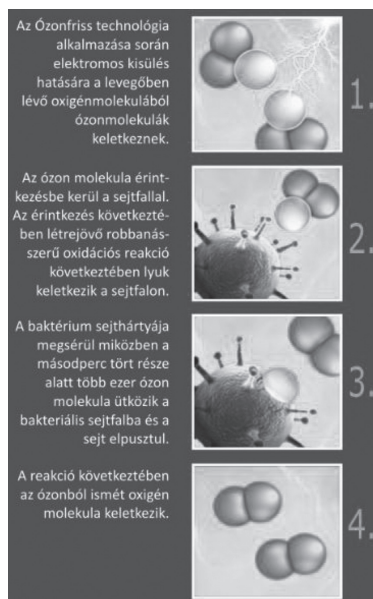
[1] <http://ozonfriss.hu/hu-hu/ozon-info>

Az ózon hatásai

Az ózon rendkívül erős oxidálószer, mely a szerves kötésekben lévő szénatomok kettős kötéseinek megbontásával károsítja a biológiai molekulaszervezeteket. A sejtmembránok telítetlen zsírsavaival, glikoproteinjeivel, glikolipidjeivel és aminosavjaival lép reakcióba. A hatás függ az ózon koncentrációjától, a behatás idejétől. A kettős szénatom kötések szétszakadása következtében az enzimek és fehérjék, de ugyanakkor a baktériumok, gombák és vírusok inaktívvá válnak, fertőzőképességük megszűnik. A kettős kötések megbontásával a baktérium membránon keresztüli anyagcserét biztosító és a sejt reprodukciójához szükséges enzimeket blokkolja.

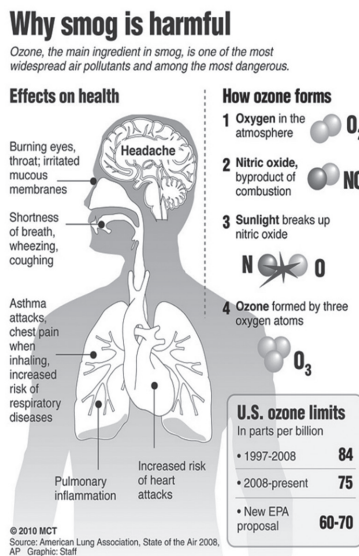
A baktérium és gomba membránokkal és a vírus kapszidokkal ellentétben az emberi szöveteket csak tartós behatási idő után és csak korlátozottan károsítja. [1]

6. ábra. Az ózon hatása a sejtre [1]



7. ábra. Az ózon hatása az emberi szervezetre [2]

[2] Environmental Protection and Energy Management Presentation



A baktérium- és gombamembránokkal, illetve a víruskapszidokkal ellentétben az emberi szöveteket csak tartós behatási idő után és csak korlátozottan károsítja.

A megnövekedett ózonkoncentráció a növényeknél is károsító hatással bír: többek között sejtfunkciós és növekedési zavarokat, a betegségekkel (gombák) és stresszfaktorokkal (szárazság, fagy, állati kártevők) szembeni ellenállóképesség csökkenését, a levélzet krónikus és akut károsodását (elszíneződés, vízfoltok), a biodiverzitás, valamint a terméshozam faj és terület szerinti csökkenését, minőségromlást és a tárolhatóság korlátozódását okozhatja.

Az ózonnak azonban nemcsak negatív hatása ismert, hanem igen hasznos gyakorlati alkalmazási módjai is, mint például víz- és szennyvízkezelésnél, erőművek hűtővizének fertőtlenítése során. A vízben lévő mikroorganizmusoktól függően 600–3000-szer hatékonyabb fertőtlenítő hatású, mint a klór. Az ózonnal történő oxidálási folyamat olyan eredményes, hogy a mikroorganizmusok nem tudnak immunitást felépíteni, nem úgy, mint ahogy a hagyományos vegyszerekkel előfordulhat. Az iparban a papírpépek fehéritésére, az élelmiszeriparban szagtalanításra, tar-

[3] http://doktori.bibl.u-szeged.hu/350/7/03_Altalanos_bevezetes.pdf

[4] http://doktori.bibl.u-szeged.hu/350/8/04_kimutatasi_lehetosegek.pdf

tósításra, a gyógyászatban bőrbetegségek kezelésére használják. A negatív hatások azonban, melyeket a felszín közeli ózon a klímára, az élőlényekre és az anyagokra gyakorol, az ózon további hatásvizsgálatának, kutatásának és monitoringozásának, illetve a magasabb immisziós koncentrációk elleni intézkedések meghozásának szükségességét mutatják. [3]

Az ózon kimutatása

Az ózon koncentrációjának meghatározásához, vészhelyzet jelzéséhez, illetve ennek előrejelzéséhez, az okozott környezeti károk felméréséhez, ill. a nagyobb károsodást megelőző intézkedések meghozatalához, valamint a levegőtisztaságvédelmi intézkedések hatékonyságának ellenőrzéséhez fontos a gáz mennyiségének, ill. térbeli és időbeli megoszlásának mérésekkel történő feltérképezése.

A kimutatási lehetőségeket időbeli felbontás, próbavétel és hatáselv alapján csoportosíthatjuk. Időbeli felbontás alapján megkülönböztethetünk állandóan adatot szolgáltató analóg és meghatározott időegységenként történő adatszolgáltatást végző digitális, valamint próbavétel alapján aktív és passzív műszereket/módszereket. Az aktív módszer alatt egy műszeren keresztül adott idő alatt, adott mennyiségű levegő átpumpálásával, illetve átszívásával történő légszennyezőanyag-mennyiség meghatározását értjük, a passzív módszernél pedig az analizálandó anyag turbulens diffúzió vagy permeáció útján kerül a műszerhez. Hatáselv alapján megkülönböztetünk kémiai, biológiai és fizikai módszereket. A kémiaiaknál elszíneződés alapján kvalitatív, illetve félkvantitatív módon mutatható ki az ózon mennyisége. [4]

MÉRŐÁLLOMÁSOK

A légszennyezettség mérésének fontos szerepe van életünkben, ezért a rendszeres mérések céljából mérőhálózat telepítésére került sor. Az Országos Levegőtisztaság Mérésértető Mérőhálózat (OLM) manuális (ismertebb nevén RIV) és automata mérőhálózatból áll. A mérőhálózatot képező mérőállomások és mérőpontok elhelyezésének rendszeres felülvizsgálata a mindenkori légszennyezettségi zónák és agglomerációk figyelembevételével történik.

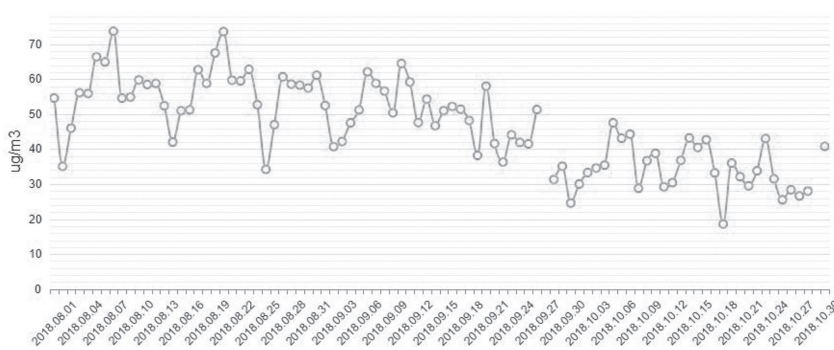
A manuális mérőhálózat regionális alközpontokból, valamint LRK-ból áll. Az alközpontok munkája magában foglalja a mintavételi pontokon történő rendszeres mintavételt, a minták vizsgálatához szükséges laboratóriumi háttérrel és a vizsgálati eredmények gyűjtéséhez, továbbításához, értékeléséhez szükséges LRK Adatközpontot. A manuális mérőhálózat mérőpontjainak száma az alábbi: 11 településen kén-dioxidot (SO_2), 79 településen nitrogén-dioxidot (NO_2), 21 településen ülepedő port, 24 településen kisméretű részecskét (PM_{10}) és összetevőit vizsgálnak, ez utóbbiból történik a nehézfém és PaH szennyezőanyagok meghatározása.

Az automata mérőhálózat szintén alközpontokból és a LRK-ból áll. Az alközpont része a folyamatos működésű automatikus elemzőkészülékekből kialakított mérőállomás és a hozzátartozó adatközpont. Az automata mérőhálózat keretében működő mérőállomások száma 64, ebből 53 db fix helyre telepített, 11 db mobil mérőállomás. [5]

[5] https://www.met.hu/levegokornyezet/varosi_legszenyezettseg/meroh-alozat/

[6] <http://www.levegominoseg.hu/automata-merohaloza-t?AspxAutoDetectCookieSupport=1>

8. ábra. Dunaújváros 90 napos ózon kibocsátása [6]



A Bécsi Egyezmény

Az 1950-es évektől kezdődően több olyan anyag termelését és felhasználását vezették be, amelyek – a magas légkörbe kerülve – különböző kémiai folyamatokon keresztül az ózonmolekulák elbomlását okozzák, elvékonyítva ezáltal az ózonréteget. A legismertebb ilyen anyagok a halogénezett szénhidrogének, mindenekelőtt a

[7] <https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/TenyekKonyve-tenyek-konyve-1/zold-19B21/fuggelek-1ADB1/a-kornyezet-vedelmével-foglalkozó-egyezmények-1AE03/egyezmény-az-ozon-reteg-vedelmerol-becsi-egyezmény-1AE88/>

klórozott-fluorozott szénhidrogének (freonok vagy CFC-k) és a brómot is tartalmazó halonok, melyeket hosszú időn keresztül többek között a hűtőberendezésekben, szórópalackok hajtógázaként, műanyaghabok előállításánál, oldószerekben, illetve tűzoltó berendezésekben alkalmaztak. Ezek csökkentését irányozza elő az egyezmény és az ahhoz kapcsolódó szigorító jegyzőkönyvek és módosítások. [7]

2. táblázat: A Bécsi Egyezmény évszámai [7]

	Alapegyezmény	Jegyzőkönyv	Módosítás	Módosítás
Elfogadás	1985	1987	1990	1992
Helyszín	Bécs	Montreal	London	Koppenhága
Hatálybalépés	1988	1989	1991	1993
Magyar csatlakozás	1988	1989	1992	1994

Alapegyezmény

Az 1985-ös alapegyezmény közvetlen célja még nem az ózonréteget károsító gázok kibocsátásának korlátozása vagy betiltása volt, hanem az általuk okozott veszélyes jelenség megfigyelésének, vizsgálatának fejlesztése, valamint a nemzetközi együttműködés erősítése e gázok kiváltását, helyettesítését célzó műszaki fejlesztés területén. Ebben az időszakban ugyanis még számottevő tudományos bizonytalanság volt az ózonréteg elvékonyodásának folyamatát, illetve a kiváltó okokat illetően, továbbá nem alakult ki egyetértés a különböző országok, országcsoportok, ipari érdekcsoportok között a kérdéses anyagok gyártásának, felhasználásának korlátozása ügyében. A bécsi alapegyezmény nem tartalmaz konkrét kötelezettségeket, csupán meghatározza az ózonréteg védelmével kapcsolatos alapvető célkitűzéseket, melyek a következők:

- Intézkedések fogantatása az emberi egészség és a környezet védelmére olyan káros hatásokkal szemben, amelyek az ózonréteget módosító vagy annak módosításával fenyegető emberi tevékenységből erednek vagy eredhetnek.
- Együttműködés a rendszeres megfigyelések, a kutatás és információcsera területén, hogy jobban meg lehessen érteni, milyen hatást gyakorol az emberi tevékenység az ózonrétegre, illetve miként hat az ózonréteg módosulása az emberi egészségre és a környezetre.

- Megfelelő jogalkotási vagy igazgatási intézkedések és együttműködés a vonatkozó politikák összehangolásában.
- Összehangolt mérési és kutatási programokban való részvétel, az ózonréteget károsító anyagok önkéntes csökkentése, a tudományos és műszaki területen való nemzetközi együttműködés elősegítése. [8]

A Montreali Jegyzőkönyv

Ez a jegyzőkönyv már konkrét kötelezettségvállalásokat tartalmaz az ózonréteget károsító legfontosabb halogénezett szénhidrogének betiltására. Alapvető célkitűzés, hogy csökkentsék az ózonkárosító anyagok felhasználását, s ezáltal megállítsák a magas légköri ózonmennyiség további veszélyes változását. Az ózonkárosító anyagok rendkívül hosszú átlagos légköri tartózkodási időtartama miatt az elhatározott intézkedések viszonylag rövid határidővel, jelentős mértékű felhasználáscsökkentést irányoznak elő. Az egyezmény szellemében a jegyzőkönyv is megerősíti a végső célkitűzést, hogy az ózonkárosító anyagokat teljes egészében ki kell küszöbölni.

A felek:

- biztosítják, hogy a szabályozott anyagok I. és II. csoportját képező öt CFC-vegyület (freon) termelésében és felhasználásában nem lépik túl az 1986. évi szintet;
- biztosítják, hogy a jegyzőkönyv hatályba lépését követő 37. hónap első napjától három halonvegyület termelésében és felhasználásában nem lépik túl az 1986. évi szintet;
- biztosítják az említett freonok termelésének és felhasználásának 20 százalékos csökkentését 1994. június 30-ig, 50 százalékos csökkentését 1999. június 30-ig;
- a jegyzőkönyv hatályba lépését követő egy éven belül megtiltják a szabályozott anyagok importját minden olyan államtól, amely nem részese a jegyzőkönyvnek;
- tartózkodnak új támogatások, segítség, hitelek, garanciák vagy biztosítási programok nyújtásától olyan termékek, felszerelések, üzemek vagy technológiák exportjára – a jegyzőkönyvben nem részes államba –, amelyek megkönnyíthetik a szabályozott anyagok termelését;
- a csatlakozást követő három hónapon belül statisztikai adatokat szolgáltatnak a titkárságnak a szabályozott anyagok mindegyikének 1986. évi termeléséről, importjáról és exportjáról vagy a lehető legjobb becsült értékekről, ahol tényleges adatok nem állnak rendelkezésre;

[8] <https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/TenyekKonyve-tenyek-konyve-1/zold-19B21/fuggelek-1ADB1/a-kornyezet-vedelmevel-foglalkozo-egyezmények-1AE03/egyezmény-az-ozon-reteg-vedelmerol-becsi-egyezmény-1AE88/egyezmény-az-ozon-reteg-vedelmerol-ala-gegyezmény-1AE8D/>

[9] <https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/TenyekKonyve-tenyek-konyve-1/zold-19B21/fuggelek-1ADB1/a-kornyezet-vedelmvel-foglalkozo-egyezmények-1AE03/egyezmény-az-ozon-reteg-vedelmerol-becsi-egyezmény-1AE88/az-ozonkarosito-anyagok-kibocsatasanak-csokkentese-mon-treali-jegyzokonyv-1AE9C/>

– a jegyzőkönyvhöz való csatlakozásuk évében és azt követően minden évben – legkésőbb 9 hónappal a tárgyévet követően – statisztikai adatokat szolgáltatnak a titkárságnak az ilyen anyagokra vonatkozóan éves termelésről, importról és exportról, a jegyzőkönyvhöz csatlakozók és nem csatlakozók szerint elkülönítve;
– együttműködnek a kutatás, fejlesztés, információcsera bővítésében, a társadalmi tudatosság fejlesztésében a szabályozott anyagok és az ózonréteget károsító más anyagok kibocsátásának környezeti hatásait illetően, és erről két évente egy alkalommal nyújtanak be a titkárságnak. [9]

ELSŐ SZIGORÍTÁS

A Montreali Jegyzőkönyvet aláíró felek első találkozójukon, 1989-ben Helsinkiben az ózonréteg védelmével kapcsolatos kérdéseket, illetve az egyezményben, és a jegyzőkönyvben előírt rendelkezések végrehajtásától várható következményeket tekintették át. Az elfogadott kiegészítés immár szigorítja a jegyzőkönyvben megadott anyagok felhasználásának korlátozását. A módosítás kibővíti a szabályozott vegyületek listáját (tíz további halogénezett szénhidrogén-fajtával, a széntetrakloriddal és a metil-kloroformmal), és szorgalmazza a nemzetközi együttműködés erősítését a helyettesítő anyagok kutatásának és bevezetésének céljából. Annak érdekében, hogy a jegyzőkönyvben előírt kötelezettségek teljesítését a fejlődő országokban elősegítsék – a módosítás keretében – Ideiglenes Sokoldalú Pénzügyi Alapot hoztak létre.

Kötelezettségek:

- 1995. január 1. után 50, 1997. január 1. után pedig 85 százalékkal csökkentik a freonok felhasználását, illetve 2000. január 1. után megszüntetik az „A” függelék I. csoportjában szabályozott anyagok (telített CFC-k) felhasználását.
- a „B” függelék I. csoportjában szabályozott anyagok (további telített CFC-k) felhasználását 1993. január 1. után 20, 1997. január 1. után pedig 85 százalékkal csökkentik, illetve 2000. január 1. után megszüntetik azok felhasználását.
- az „A” függelék II. csoportját képező három halon-vegyület felhasználását 1995. január 1. után 50 százalékkal csökkentik, illetve 2000. január 1. után megszüntetik azok felhasználását.
- az 1995. január 1. után a „B” függelék II. csoportjában szabályozott anyag (széntetraklorid) felhasználásának számított szintje nem lépi túl az 1989. évi felhasználást.

- nálás számított szintjének 15 százalékát (vagyis 85 százalékos csökkentést hajtának végre), illetve 2000. január 1. után megszüntetik annak felhasználását.
- az 1993. január 1. után a „B” függelék III. csoportjában szabályozott anyag (metil-kloroform) felhasználásának számított szintje éves viszonylatban nem lépi túl az 1989. évi felhasználás 70 százalékát, 2000. január 1. után e szint 30 százalékát, illetve 2000. január 1. után megszüntetik annak felhasználását. [10]

MÁSODIK SZIGORÍTÁS

A szigorítás – az ózonréteg gyorsuló károsodásának ellensúlyozására – felgyorsította a szabályozott anyagok felhasználásának csökkentési, tiltási ütemezését, és a szabályozást újabb anyagokra terjesztette ki. Ez utóbbi vegyületek: a freonok átmeneti helyettesítésére szolgáló lágy freonok (HCFC), a halonok átmeneti helyettesítésére szolgáló HBFC-vegyületek és a metil-bromid. A Jegyzőkönyv új, „C” függelékének I. csoportjában 40 HCFC, II. csoportjában 34 HBFC vegyület van felsorolva: az új, „E” függelék a metil-bromidot nevezi meg. Ezenkívül az ideiglenes pénzügyi mechanizmust – ennek keretében az Ideiglenes Sokoldalú Pénzügyi Alapot – véglegesítette, és összegét az 1994–1996 időszakra előzetesen meghatározta.

Kötelezettségek:

- A már korábban szabályozott freonok („A” és „B” függelékek I. csoportjai) felhasználásának az 1986. évi felhasználás 25%-ára való csökkentése 1994. január 1. után, illetve megszüntetése 1996. január 1. után.
- A már korábban szabályozott halonok felhasználásának megszüntetése már 1994. január 1. után.
- A széntetraklorid felhasználásának az 1989. évi felhasználás 15%-ára való csökkentése 1995. január 1. után, illetve megszüntetése 1996. január 1. után.
- A metil-kloroform („B” függelék III. csoport) felhasználásának az 1989. évi felhasználás 50%-ára való csökkentése 1994. január 1. után, illetve megszüntetése 1996. január 1. után.
- Az új „C” függelék I. csoportjában felsorolt szabályozott anyagok (HCFC-k) évi felhasználása 1996. január 1. után nem lehet több, mint az „A” függelék I. csoportjában felsorolt szabályozott anyagok (freonok) 1989. évi felhasználása 3,1%-ának és a „C” függelék I. csoportjában felsorolt szabályozott anyagok (HCFC-k) 1989. évi felhasználásának összege.

[10] <https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/TenyekKonyve-tenyek-konyve-1/zold-19B21/fuggelek-1ADB1/a-kornyezet-vedelmevel-foglalkozo-egyezmények-1AE03/egyezmény-az-ozon-reteg-vedelmerol-becsi-egyezmény-1AE88/az-ozonkarosito-anyagok-kibocsatasszabalyozasanak-elso-szigoritasa-1AEB0/>

[11] <https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/TenyekKonyve-tenyek-konyve-1/zold-19B21/fuggelek-1ADB1/a-kornyezet-vedelmevel-foglalkozo-egyezmények-1AE03/egyezmény-az-ozon-reteg-vedelmerol-becsi-egyezmény-1AE88/az-ozonkarosito-anyagok-kibocsatas-szabalyozasanak-masodik-szigoritasa-1AEC1/>

- A HCFC-k felhasználása 2004. január 1. után nem lehet több mint az előzőekben említett felhasználás 65%-a, 2010. január 1. után 0,5%-a; felhasználásuk 2030. január 1. után tilos.
- A „C” függelék II. csoportjában felsorolt szabályozott anyagok (HBFC-k) felhasználása 1996. január 1. után tilos.
- az „E” függelékben megnevezett metil-bromid gyártása és felhasználása 1995. január 1. után nem haladhatja meg a gyártás, ill. felhasználás 1991. évi szintjét. (2H\$).
- Az adatszolgáltatási kötelezettség kiterjed az újonnan szabályozás alá vont anyagokra is (7.§/2); az adatszolgáltatásban külön fel kell tüntetni a (kémiai) alapanyagként felhasznált, a(z) elfogadott megsemmisítési eljárásokkal) megsemmisített és újra felhasznált mennyiségeket. [11]

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség” című projektje támogatta.

Ózonkoncentráció-mérés 3. rész Az ózongenerátor

Összefoglalás: Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a Föld légkörének magas ózonkoncentrációja, melynek jellemző élettani hatása van: erős oxidáló hatása miatt az egészségre ártalmas, a légutakban funkcionális és morfológiai változásokat okoz. Az ózon kellemetlen szagú, izgatja a szemet és a légzőszervek nyálkahártyáját, súlyosbítja a krónikus betegségeket, elsősorban a hörghurutot és az asztmát. Az ózon a második legerősebb oxidálószer, emiatt – 0,1 és 3% koncentráció között – ideális fertőtlenítő, sterilizáló szer. Az ózon megfelelő használatához természetesen szükség van ózonkoncentrációt mérő berendezésekre, melyek természetesen elérhetőek a piacon, de meglehetősen magas áron, mivel az abszorpciós méréshez használt fényforrások nagyon drágák és kissé bizonytalanok. A félvezető optikai anyagok fejlődésével mára elérhetővé váltak a 255 nm hullámhosszon dolgozó UV LED-ek, illetve az ezen a tartományon is működő fényérzékelők. Ezekkel az eszközökkel az eddigieknél jobb ózonkoncentráció-mérőt készíthetünk.

Kulcsszavak: Ózon; ózon koncentráció; UV.

**Dunaiújvárosi Egyetem, Műszaki
Intézet, Természettudományi és
Környezetvédelmi Tanszék
E-mail: koroknail@uniduna.hu*

[1] <http://ozon1.hu/ozongeneratorrol.html>

Az ózon előállítása

Az O_3 molekula előállításához több technikai megoldást alkalmaznak. A legmodernebb a nyitott vagy zárt korona (15–30 KV) kisüléssel technológia.

– Nyitott korona lemez technológia

Általános lakossági és – csökkentett igénybevétellel – szakmai területeken hasznosítják, mivel mérsékelt árfekvésű gépek és könnyű karbantartani őket. Hátránya viszont, hogy a hőmérséklet és páratartalom függvényében bizonytalan az O_3 -koncentráció. A koronalemez felületi oxidációk követése és a lemezcsere költségei 3–6000 üzemóra/koronalemez.

Maximum 15gr/óra teljesítményig ajánlott és gazdaságos. A klór egyes baktériumokra gyakorolt hatásánál kb. 1000-szer erősebb.

– Kerámia- és kvarc-csőes zárt technológia

Folyamatos igénybevétellel különböző szakmai területeken használják, mert közepes árfekvésű gépek, megbízható és 12–15000 óra üzemidejű O_3 generátorok, automatikusan regenerálódó száraz levegő patron, stabil O_3 koncentráció jön létre. A klór egyes baktériumokra gyakorolt hatásánál kb. 2000-szer erősebb.

– Oxigén – kvarccsőes zárt technológia

Folyamatos igénybevétellel kiemelten ivóvíz, medencék és erős igénybevételű szakmai területeken alkalmazzák. Előnye hogy megbízható, 15–23000 óra üzemidejű ózongenerátorok, oxigén generátorral összeépítve automatikusan regenerálódó száraz levegő patron, O_2 -be jutató O_3 gáz rendkívül stabil ózon jön létre.

Az O_3 oxidációs hatások a klórhoz viszonyítva körülbelül 3000-szer erősebb, valamint a klór egyes baktériumokra gyakorolt hatásánál kb. 3000-szer erősebb. [1]

Az ózongenerátor felépítése

A villamos kisülésekkel működő ózongenerátorok működéséhez nagyfeszültségű tápegységre van szükség. Legegyszerűbben a hálózati (50Hz) feszültség feltranszformálással állítható elő a kisülések létrehozásához elégséges feszültség. Ez a módszer

igen nagy méretű és nehéz berendezést eredményez, legyen szó bármilyen elektródelrendezésről is. A transzformátorok, így a tápegységek mérete és súlya nagymértékben csökkenthető a nagyfrekvenciás feltranszformálás alkalmazásával. Ebben az esetben a méretek és ezzel együtt a tápegység tömege is a frekvencia négyzetgyökével arányosan csökken.

A tápegységek méretezésénél az előírt feszültség szint elérése mellett igen fontos szempont a táplálандó elektródelrendezés kapacitása. A felületi kisülést eredményező elektródelrendezésnek fajlagosan sokkal kisebb a kapacitása a térbeli kisülést létrehozóval szemben. Ennek oka a geometriai kialakításban keresendő. Ezért kis méretű, de nagy ózontermelő képességű berendezés készítésénél a felületi kisüléssel működő elektródelrendezés és nagyfrekvenciás tápfeszültségellátás ad előnyös megoldást.

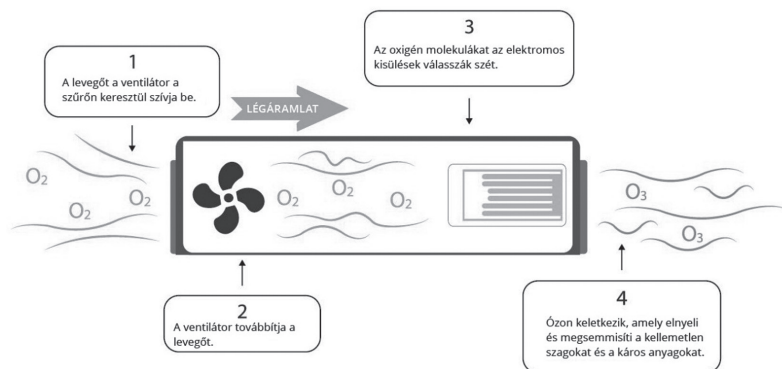
Az ózontermelő-képesség összefüggésben van az impulzus polaritásával is. A pozitív feszültség több ózont generál, és energetikai hatásfoka is nagyobb. Ha az elektródokra egyenfeszültséget kapcsolunk, a kisülés folyamata abban az esetben is pulzáló. A kisülés létrejöttével a keletkezett töltéshordozók úgy lecsökkentik a térerősséget, hogy ezzel a további kisülés kialakulását megakadályozzák. Amíg a töltéshordozók el nem távoznak a kisülési térből – visszaállítva ezzel a kisüléshez szükséges térerősség-értéket –, addig ismételtelen nem indul meg újabb kisülés. A vizsgálatok szerint a térerőt lerontó töltések eloszlásának mechanizmusát a váltakozó feszültség elősegíti. Egyrészt, ehhez bizonyítékul szolgál az is, hogy a frekvencia növelésével az ózontermelő-képesség folyamatosan növekszik, megközelítőleg 60 kHz-ig. Az ennél nagyobb frekvencián a kisülést akadályozó részecskék már nem képesek a kisülési tér elhagyására, mert a töltéshordozók mozgékonyasága ezt nem teszi lehetővé. Másrészt, megfigyelhető, hogy minden frekvencián egy periódus alatt csak egyetlen kisülés jön létre, ami egy kisülési elektródon egy kisülési hullámként halad végig.

A fenti áttekintésből kiderül, hogy az ózontermelés szempontjából kulcsfontosságú a kisülésekben létrejövő pamatok mérete és ismétlődésük gyorsasága. A létrejövő pamatok méretét a dielektrikum anyaga, felületi minősége, a tápgáz összetétele és nem utolsósorban az elektródelrendezés befolyásolja. Kutatásaim során azt kívánom feltárni, hogy tápgázból mekkora ózonkoncentrációt lehet létrehozni. [2]

[2] <https://repositorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/478/ertekezes.pdf>

Az ózongenerátor működését szemlélteti az alábbi ábra.

Az ózongenerátor működése



(<https://www.expondo.hu/ulsonix-ozongenerator-10-000-mg-h-102-w-10050118>)

A legtöbb ózongenerátornál a levegő a készülék hátoldalán egy integrált ventilátor segítségével kerül ki-szívásra. A készülék belsejében ez a levegő a légszűrő és egy speciális UV lámpa használatával mindenféle vegyülettől és baktériumtól megtisztítódik. Ezután a levegő egy kerámialemezre vezetődik, ahol az oxigén egy elektromos kisülés segítségével ózonná alakul. Ez az ózon aztán a készülék első részéről visszavezetődik a szobába.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet mint új kitorési lehetőség” című projektje támogatta.

Konverteriszapos talajkeveréken nevelt angolperje fitoextrakciós potenciáljának vizsgálata

Összefoglalás: Az ipari folyamatok során keletkező szennyező anyagok, melléktermékek (gázok, szennyvíz, iszap) jelentős környezetterhelést okoznak. A szennyező anyagok közül az ipari iszapok jelentős mennyiségben tartalmazhatnak olyan toxikus fémeket (pl. kadmium, ólom), amelyek képesek a táplálékláncon belül felhalmozódni. Az ilyen elemek koncentrációjának csökkentésére alkalmazhatjuk a bioremediációs módszerek közül a fitoextrakciót. Kutatásainkhoz az ipari iszapok közül az acélgyártás során keletkező konverteriszapot választottuk ki. Kísérleteink során konverteriszap és csernozjom-talaj 5–10–15–20–25%-os keverékeit alkalmaztuk. Fő célunk volt megállapítani a konverteriszap és talajkeverékeken nevelt angolperje fitoremediációs potenciálját. A kísérlet végére elmondható, hogy az angol perje fejlődése az iszap–talajkeverékekben a cink- és az ólomtartalmat átlagosan 51%-kal csökkentette le.

Kulcsszavak: Konverteriszap; cink; ólom; fitoextrakció; angol perje.

Abstract: Pollutants and by-products (gases, sewage, sludge) generated during industrial processes cause significant environmental impact. Among the contaminants, industrial sludges may contain significant amounts of toxic metals (eg. cadmium, lead) that can accumulate within the food chain. Among the bioremediation methods, phytoextraction can be used to reduce the concentration of such elements. For our research, converter sludge was applied. In our experiment mixtures of converter sludge and chernozem soil were used. The mixing ratio was 5–10–15–20–25%. Our main goal was to determine the phytoremediation potential of perennial rye grass. By the end of the experiment, it can be said that zinc and lead concentration in sludge-soil mixtures was reduced by 51%.

Keywords: Converter sludge; zinc; lead; phytoextraction; perennial rye grass.

* Dunaújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természet-
tudományi és Környezetvédelmi
Tanszék

E-mail: kovacsbe@uniduna.hu

** Pannon Egyetem

E-mail: domokos.endre@uni-
pannon.hu

*** Dunaújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természet-
tudományi és Környezetvédelmi
Tanszék

E-mail: kisse@uniduna.hu

[1] Márkus R.–Grega O. (2011): „Veszélyes hulladéknak minősülő ipari eredetű porok és más hulladékok veszélyességének megszüntetése, hasznosítási lehetőségeik kidolgozása.” Retrieved from <https://www.kfki.hu/~anyag/tartalom/2011/1/osszefoglalo.pdf>

[2] Yaozu, W.–Zhengjian, L.–Jianliang, Z.–Rui M.–Yapeng, Z. (2020): Advanced converter sludge utilization technologies for the recovery of valuable elements: A review, *Journal of Hazardous Materials*. Volume 381. 5 January 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120902>

[3] Laura, M. P.–Lothar, R.–Hajo, H. (2010): The Essential Toxin: Impact of Zinc on Human Health, *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2010. 7. Pp. 1342–1365; doi:10.3390/ijerph7041342

[4] WHO: Lead poisoning and health (2019), Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

[5] Ali, H.–Khan, E.–Sajad, M. A. (2013): Phytoremediation of heavy metals “concepts and applications”. *Chemosphere*. 91. Pp. 869–881.

[5] Hooda, V. (2007): Phytoremediation of toxic metals from soil and waste water. *Journal of Environmental Biology*. 28. (2). Pp. 367–376.

Bevezető

Környezetünk szennyezettségét az ipari termelés, illetve a lakosság általi kibocsátások erősen befolyásolják. A napjainkban alkalmazott termelési folyamatok során sokféle melléktermék (iszap és salak) keletkezhet, amelyek fém-oxidok mellett toxikus elemeket (nehézfémeket) is tartalmazhatnak. Ezek a toxikus elemek (pl. kadmium, higany, ólom) az élővilágra jelentenek elsősorban egészségi kockázatot, mivel képesek a táplálékláncon belül akkumulálódni. Az elemek között vannak toxikusak (pl. higany, króm, ólom, kadmium), míg mások esszenciálisak (pl. réz, cink).

Kutatásainkhoz az ISD-Dunaferr Kft.-nél keletkező konverteriszapot alkalmaztuk, amely az acélgyártási folyamat melléktermékeként keletkezik. A gyártás során a folyékony vasból a fémes elemek (pl. cink, ólom) a felszabaduló gázokba jutnak, amelyből a fémes elemek a nedves leválasztási módszer következtében az iszapba kerülnek át. [1] A konverteriszap emiatt nagy koncentrációban tartalmaz cink-oxidot és ólom-oxidot. [2]

A cink az esszenciális elemek közé sorolható, ami miatt könnyen akkumulálható, de túl nagy koncentrációban letargiát, légzőszervi rendellenességeket, fémfüst-lázat, émelygést okozhat. [3] Az ólom a gyerekeknél és a felnőtteknél is egészségügyi problémákat okozhat, mivel főként a csontokban és a fogakban halmozódik fel. Magas koncentráció esetén növeli a magas vérnyomás kialakulási esélyét, a vesekárosodás kockázatát. Gyerekeknél az agyban és a központi idegrendszerben okoz problémákat: görcsöket, kómát és akár halált is okozhat. [4]

Az iprai iszapok remediálására, szennyezettségük csökkentésére számos módszer ismert. A biológiai módszerek közül, a fitoremediációs módszereknél akkumulációra képes növényfajokat, fajtákat használunk fel ahhoz, hogy az elszennyezett talajokban, iszapokban a toxikus elemek mennyiségét határérték alá csökkentsék. A fitoremediációs folyamatok között megkülönböztetjük a fito-extrakciót, a fito-volatilizációt, a fito-filtrációt, a fito-stabilizációt és a fito-degradációt. [5] [6] Az ilyen módszerek alkalmazásának előnye, hogy használatuk során nem alkal-

maznak vegyszereket a környezet terhelésére, valamint a növények alkalmazásával extra biomassza-mennyiséget termelünk, amit később felhasználhatunk akár energiatermelésre is.

Célok, módszer

Kutatásunk fő célja volt olyan növényfajok/fajták keresése, amelyek a felhasználhatók az elszennyezett talajok, iszapok in-situ kármentesítésében. További célunk volt a konverteriszapban található nehézfémek (cink, ólom) különböző növényfajokon/fajtákon belüli akkumulációjának feltárása, a fitoextrakciós potenciál megállapítása.

FITOEXTRAKCIÓS LABORKÍSÉRLET ELŐKÉSZÍTÉSE

A fitoextrakciós kísérletek során csernozjom (fekete) talajt és konverteriszap adott arányú keverékeit alkalmaztuk. A konverteriszap talajba történő bekeverési arányai az alábbiak voltak: 5–10–15–20–25%. A keverékek elkészítése előtt mind az iszap, mind a talajmintákat kiszárítottuk és porítottuk. A talajminták mintavétele a Dunaújváros környékén lévő szántókról történt. Teszt növényekként angol perjét (*Lolium perenne*) választottuk ki. A kísérletek előtt a csernozjom talaj pH értéke 8,5 volt. A növényneveléshez egy, az általunk kialakított fénypolcot használtunk fel (2. ábra), amely polcaira összesen 6 db 120 cm-es V-TAC 6326 típusú 18W-os teljesítményű és 1530 lm fényerősségű, növénynevelő LED fénycső lett felszerelve.

2. ábra. A laborkísérletekhez felhasznált növénynevelő fénypolc



ISZAP ÉS TALAJKEVERÉKEK, NÖVÉNYSZÁR ÉS ELEMZÉSEK ELEMZÉSÉNEK MÉRÉSE

A konverteriszap összetételének mérésénél X-MET 5100 XRF (röntgenfluoreszcens) mérőműszert használtunk (3. ábra). A kézi készülékkel három mérést végeztünk el 30 sec mérési idővel.

3. ábra. Elemtartalom mérése XRF készülékkel



A konverteriszap és talajkeverék, illetve az ezeken fejlődött angol perje növényi részeinek elemtartalmát ICP-OES (Perkin Elmer Avio 500) készülékkel határoztuk meg.

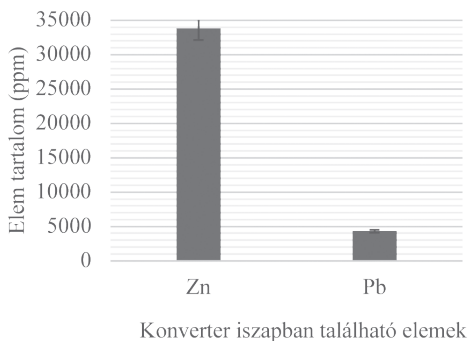
Az iszap-talajkeverékek és a növényi részek esetén a toxikus elemek közül kadmium, ólom, nikkel és cink tartalmát határoztuk meg.

Eredmények

A KÍSÉRLETHEZ FELHASZNÁLT KONVERTERISZAP JELLEMZŐI

A 4. ábrán a kísérleteink során felhasznált konverteriszap minták fémtartalmát mutatjuk be. A mintákban található cink átlagos mennyisége 33 842 ppm (3,38%), az ólom átlag koncentrációja pedig 4483 ppm (0,44%) volt.

4. ábra. A konverteriszap cink és ólom tartalma (ppm)

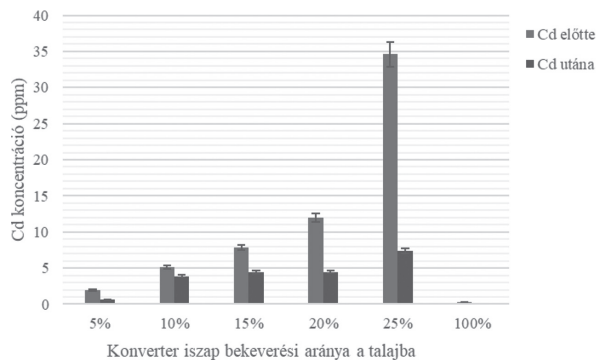


Ha ezeket az eredményeket összehasonlítjuk a magyarországi határértékekkel (6/2009 *KvVM-EüM-FVM rendelet*), akkor elmondhatjuk, hogy a konverteriszap cink tartalma 169-szerese, és ólom tartalma 43-szorosa a megengedett határértéknek.

A KONVERTERISZAP ÉS TALAJKEVERÉKEK, VALAMINT AZ ANGOL PERJE KADMIUM TARTALMA

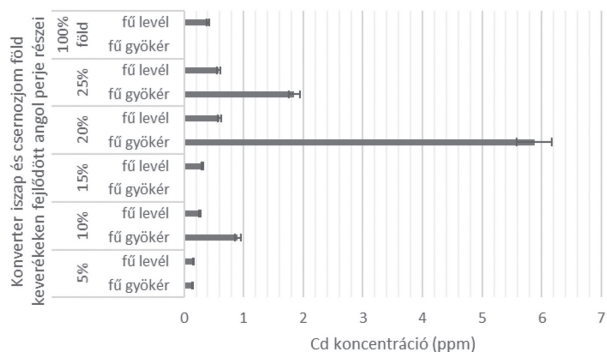
Az 5. ábra adatai alapján elmondható, hogy a keverékekben a kezdeti kadmium tartalom a növénynevelési kísérlet végére csökkent. A csökkenés mértéke átlagosan 54 % volt.

5. ábra. A konverteriszap és talajkeverékek kadmium tartalma (ppm)



A 6. ábra alapján látható, hogy az angol perje a kadmiumot inkább a gyökérzetében akkumulálta, de képes volt felhalmozni a leveleiben is. A legjobb felhalmozási eredményt a 20–25%-os konverteriszapos keverékek esetén kaptuk.

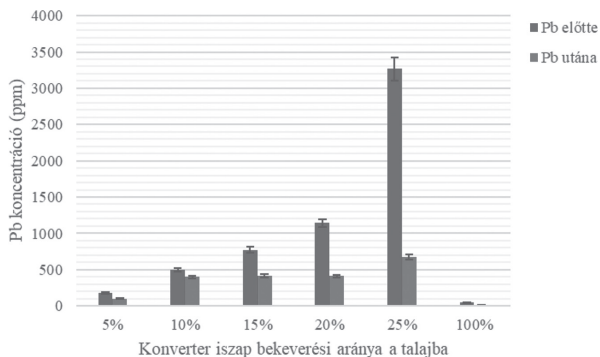
6. ábra. A konverteriszap és talajkeverékeken növekedett angol perje kadmium tartalma (ppm)



A KONVERTERISZAP ÉS TALAJKEVERÉKEK, VALAMINT AZ ANGOL PERJE ÓLOM TARTALMA

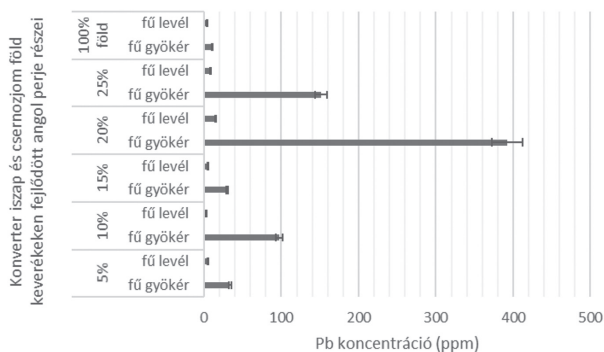
A 7. ábra adatai alapján megállapítható, hogy a keverékekben a kezdeti ólom tartalom kísérlet végére csökkent. A csökkenés mértéke a keverékek szerint átlagosan 51% volt.

7. ábra. A konverteriszap és talajkeverékek ólom tartalma (ppm)



A 8. ábra alapján látható, hogy az angol perje a kadmiumhoz képest jobban akumulálta az ólomot. Az ólom tartalom legnagyobb részét főként a gyökérszétből mutattuk ki, ezt az elemet a növény csak kevésbé tudta transzlokálni a felsőbb növényi részek, levelek felé. A gyökérszét és a levelek közötti ólom tartalom megoszlási aránya 93–7 % volt. A legjobb akumulációs eredményeket az 20-25%-os konverteriszapos keveréke esetén kaptuk.

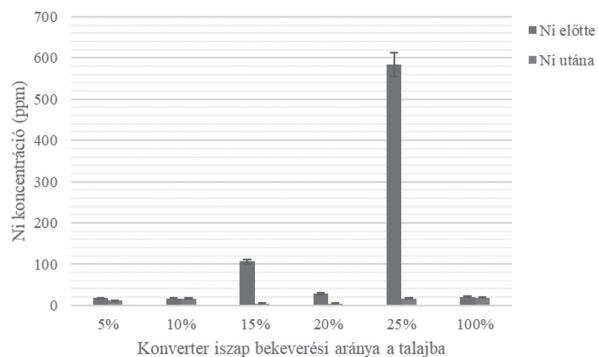
8. ábra. A konverteriszap és talajkeverékeken növekedett angol perje ólom 4(ppm)



A KONVERTERISZAP ÉS TALAJKEVERÉKEK, VALAMINT AZ ANGOL PERJE NIKKEL TARTALMA

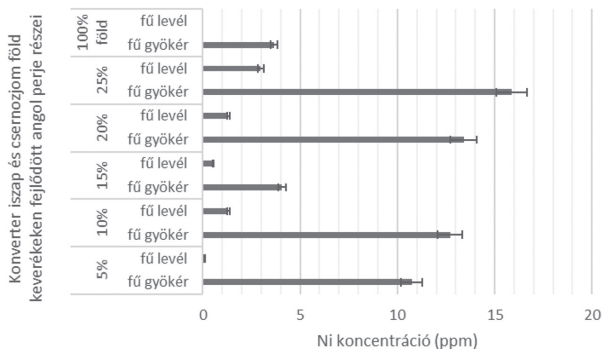
A nikkeltartalom az iszap-talaj keverékekben szintén lecsökkent a teszt növény akumulációs képességének köszönhetően (9. ábra). A csökkenés mértéke átlagosan 62%-os volt. A legnagyobb mértékű csökkenés a 15%-os és a 25%-os iszap-talaj keverékekben volt megfigyelhető.

9. ábra. A konverteriszap és talajkeverékek nikkeltartalma (ppm)



Az angol perje a nikkelt is képes volt akkumulálni (10. ábra). Ennél az összetevőnél is inkább a gyökérzet raktározta el nagyobb mértékben ezt az elemet. A nikkeltartalom áthelyeződése a levelek felé nem volt annyira eredményes. A nikkelt növényen belüli eloszlása átlagosan 91% gyökérzet, 9% levél volt.

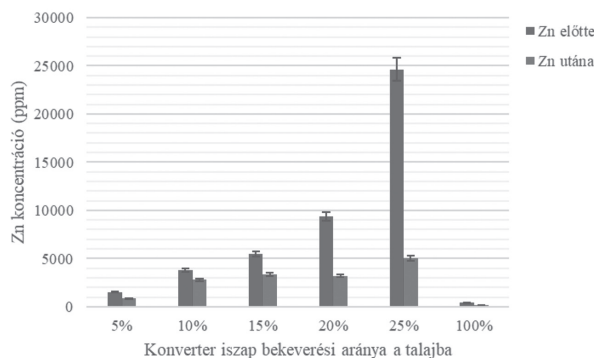
10. ábra. A konverteriszap és talajkeverékeken növekedett angol perje nikkeltartalma (ppm)



A KONVERTERISZAP ÉS TALAJKEVERÉKEK, VALAMINT AZ ANGOL PERJE CINK TARTALMA

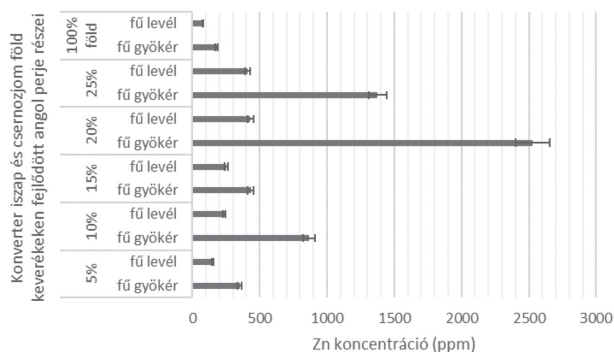
A 11. ábra mutatja be az iszap-talaj keverékek cink tartalmának változását az angol perje ültetése előtt és után. Az adatok alapján megállapítható, hogy a keverékekben a kezdeti cink tartalom lecsökkent. A csökkenés mértéke 26–80% között mozgott, átlagosan 51%-os volt.

11. ábra. A konverteriszap és talajkeverékek cink tartalma (ppm)



A 12. ábra az angol perje cink felvételét mutatja be keverék típusonként. A cink felvételét könnyebbé teszi, hogy ez az elem az esszenciális elemek közé sorolható. Bizonyos mennyiségben a növénynek a megfelelő fejlődéséhez szüksége van rá, ezért könnyebben akkumulálható számára. A cink tartalom nagyobb része a gyökérszétből volt kimutatható, de a teszt növény képes volt ezt az elemet nagyobb mértékben a leveleiben is felhalmozni, mint az ólom esetén. A konverteriszap bekeverési aránya szerint látható, hogy minél több konverteriszap volt a csernozjom talajhoz keverve, annál nagyobb mértékű volt a növény elem akkumulációja. Ha a növény által felvett összes cink koncentrációt a növényi részek közötti megoszlásban vizsgáljuk, akkor elmondható, hogy a perje gyökérzete átlagosan 75%-ban, a levelek 25%-ban akkumulálták ezt az elemet.

12. ábra. A konverteriszap és talajkeverékeken növekedett angol perje cink tartalma (ppm)



Eredmények értékelése, következtetések

A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a konverteriszap és csernozjom talaj keverékeinek fémtartalma csökkent az angol perje akkumulációjának hatására. A keverékekben a kadmium tartalom átlagosan 55%-kal, az ólom tartalom 51%-kal, a nikkel tartalom 62%-kal, a cinktartalom 51%-kal csökkent.

A laborkísérletek alapján megállapítható, hogy az angol perje a vizsgált nehézfémeket főként a gyökérében volt képes akkumulálni. A toxikus elemek közül a cink, mint esszenciális elem könnyebben akkumulálódott a perje leveleiben. Az angol perje nehezebben akkumulálta a kadmiumot és az ólmot.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 és az EFOP-3.6.1.-16-2016-00003 pályázat nyújtotta támogatást.

gyóvízi iszapok szennyezettségének ása a fehér mustár csíráképeségére

Összefoglalás: A Duna hazánkban fontos ipari, logisztikai és turisztikai értékkel bír, ezenkívül a vízgyűjtő területén lévő ártereivel és holtágaival jelentős ökológiai értéket képvisel. vízminőségére egyrészt az ipari, másrészt a kommunális szennyezések kedvezőtlen hatást gyakorolnak. Ennek következtében a vizes területek üledékében mind szerves (pl. fehérjék, zsírok, növényvédő szerek, kőolajszármazékok), mind szervesetlen szennyezőanyagok (pl. nehézfémek, oldott sók, nitrogén- és foszforvegyületek) rakódtak le az évtizedek során. A különféle szennyezőanyagok közül az iszapok toxikus összetevőket is tartalmazhatnak, melyek a növények fejlődésére negatív hatást gyakorolhatnak. Jelen kutatás során a Duna dunaiújvárosi szakaszának iszapos üledékét vizsgáltuk meg egy széleskörűen alkalmazott ökotoxikológiai teszt segítségével abból a célból, hogy meghatározzuk, vajon a természetes iszapokban található anyagok milyen mértékben gyakorolnak hatást a növények csírázására, illetve hajtás- és gyökernövekedésére.

Kulcsszavak: Duna; iszap; csíranövény-teszt; fehér mustár; bioremediáció.

Abstract: The river Danube has important industrial, logistical and touristic value in Hungary. It also represents significant ecological value with its floodplains and backwaters in the catchment area. Its water quality is adversely affected by industrial and communal pollution.

As a result, both organic (e.g. proteins, fats, pesticides, petroleum derivatives) and inorganic contaminants (e.g. heavy metals, dissolved salts, nitrogen and phosphorus compounds) have been deposited in wetland sediments over the decades. Among the various contaminants, sludges can also contain toxic ingredients that can have negative effects on plant development. In the present research, the silty sediment of the Danube section of Dunaiújváros was examined using a well-known and widely used ecotoxicological test to

* Dunaiújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természet-
tudományi és Környezetvédelmi
Tanszék
E-mail: kovacsbe@uniduna.hu

** Dunaiújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természet-
tudományi és Környezetvédelmi
Tanszék
E-mail: kisse@uniduna.hu

[1] Hooda, V. (2007): Phytoremediation of toxic metals from soil and waste water. *Journal of Environmental Biology*. 28. (2.) 367–376.

[2] Ali, H.–Khan, E.–Sajad., M. A. (2013): Phytoremediation of heavy metals “concepts and applications”. *Chemosphere*. 91. 869–881.

[3] Kovács-Bokor É. (2020): Folyóvízi és konverteriszap hatása a fehér mustár csírázóképeségére. *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város környezeti állapotáról*. ISSN: 1786-7592, Dunaújváros: Dunaújváros Megyei Jogú Város Önkormányzata. Pp. 122–130.

[4] Milinki É. (2013): *Ökotoxikológia és környezetvédelem*. Retrieved from https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0038_03_milinki_hu/ar01s06.html

determine the extent to which natural mud affects the germination of certain plants and the growth of their biomass.

Keywords: Danube; sediment; germination; white mustard; bioremediation.

Bevezetés

A folyóvízi iszapok egyaránt tartalmaznak szerves (fehérjék, zsírok, növényvédő szerek, kőolajszármazékok), illetve szervetlen szennyezőanyagokat (nehézfémek, oldott sók, nitrogén- és foszforvegyületek). A szervetlen összetevők közül a legveszélyesebb elemeket a nehézfémek jelentik – ezek az élő szervezeteken keresztül képesek felhalmozódni a táplálékláncban. Egészségügyi kockázatuk nagy, toxikusak, karcinogének, valamint mutagének lehetnek. A toxikus elemek közül számos, a növények fejlődésére jótékony hatást gyakorló, esszenciális összetevőket (pl. cink, réz) is tartalmazhatnak. A nehézfémek kinyerésére, koncentrációjuk csökkentésére jelenleg többféle kémiai és fizikai módszer áll rendelkezésre, hátrányuk viszont, hogy ezen eljárások költségesek. Erre a problémára adhat megoldást a biológiai mentesítési módszerek közül a fitoremediációs módszerek alkalmazása.

A fitoremediációs módszereknél növényeket alkalmazunk ahhoz, hogy az elszennyezett talajokban, folyóvízi és ipari iszapokban határérték alá csökkentsük a toxikus összetevők mennyiségét. A fitoremediációs folyamatok között sokféle módszer ismert, úgymint a fito-extrakció, fito-volatilizáció, fito-filtráció, fito-stabilizáció, fito-degradáció. [1] [2] Az előbb felsorolt módszerek közül kísérleteinkhez a fitoextrakciót választottuk ki. [3]

Anyag és módszer

A CSÍRANÖVÉNY-TESTZ BEMUTATÁSA

A csíranövény-teszt során a csírázó magvak érzékenységét használják fel (Milinki 2013). A teszt elvégzésére alkalmas szárazföldi növényfajtákban közös, hogy abban az esetben, ha toxikus anyaggal kerülnek kapcsolatba, csírázásuk és növekedésük gátolt. A toxikus hatás, a csírázóképeség gátlása vagy serkentése a gyökér- és szár-

hosszúságok mérése alapján becsülhető meg. Tesztnövényként általában kerti zsázát, fehér mustárt és közönséges búzát alkalmaznak. A felsorolt növények közül a leggyakrabban alkalmazott növényfajta a fehér mustármag (*Sinapis alba*). A növény magjai aprók (kb. 1 mm-esek), gömbölyűek, sárgák vagy világosbarnák, ízük enyhén csípős. [5] A csíranövény-teszt pontos leírását az MSZ 21 976-17:1993 szabvány tartalmazza. [6]

MINTAVÉTELEZÉS

Természetes, folyami mintáinkat Dunaújvárosban és a környéken lévő településeken – Rácalmás, a Rácalmási-sziget két pontjáról, a Rácalmási-híd aljából (2) és a kőgátról (1); Dunaújvárosban a Szabadstrand iszapjából kialakított iszapmeddő (3) Dunával határos partszakaszáról; továbbá Kisapostagon három pontról (4–6) – gyűjtöttük be [7], illetve további dunai iszapmintákat vettünk Dunaföldváron (7), az esetleges szennyezési pontok figyelembevételével (1. ábra).

1. ábra. A mintavételi helyek bemutatása



Forrás: Google Maps

[5] Feigl V.–Fekete-Kertész I.–Molnár M. (2014) : *Csíranövény gyökér- és szárnövekedés gátlási teszt*. http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/N%C3%B6v%C3%A9nyteszt%20laborleirat_2014.pdf

[6] Gruiz K.–Horváth B.–Molnár M. (2001): *Környezettoxikológia, Vegyi anyagok hatása az ökoszisztémára*. Budapest: Műegyetem.

[7] Kovács-Bokor É. (2019): Dunai iszapos üledékek hatása a fehér mustár (*Sinapis alba*) csírázására. *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város környezeti állapotáról*. ISSN: 1786-7592, Dunaújváros: Dunaújváros Megyei Jogú Város Önkormányzata. Pp. 109–117.

Összehasonlításként a térség Alsó Duna-parti uralkodó talajtípusaiból is gyűjtöttünk mintákat. Löss-talajt Dunaújvárosban a Siklói út és az Alsó Duna-77

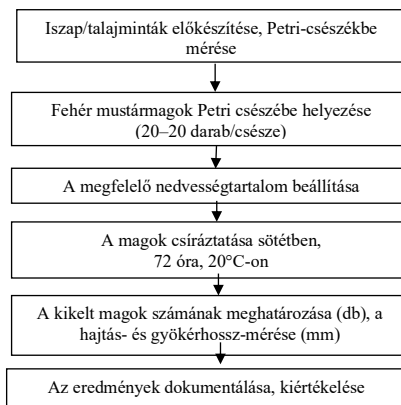
Parti út kereszteződésénél gyűjtöttünk, csernozjom-mintákat pedig a város határán, a 62-es út menti szántókról vettünk.

Célok, módszer

CSÍRANÖVÉNY-TEST

A csíranövény-tesztek során mind a folyóvízi iszapok, mind a talajminták esetén három sorozatot készítettünk el, a kapott eredményeket ezek átlagértékei alapján értékeltük ki. Elsőként a kikelt magok számát határoztuk meg, majd kiszámítottuk ezek elvetett magok számához viszonyított arányát. Ezután a csírázásnak indult magok hajtásainak és gyökereinek hosszát mértük meg. A teszt lépéseit a 2. ábra mutatja be.

2. ábra. A csíranövény-teszt lépései



A csíranövény-teszt során az iszap- és talajmintákat a teszt előtt előkezeltük, azaz szárítottuk és porítottuk. A bennük található szerves részeket (gyökerek, vízi élőlények vázai) eltávolítottuk. A megfelelő nedvességtartalom beállítása és a magok bekerülése után a csíráztatás 20 °C hőmérsékleten, sötétben történt, 72 órán keresztül. A teszt végén a magok csíráztatását figyeltük meg, megszámoltuk a kicsírázott magok számát (db), illetve megmértük a hajtás- és gyökérhosszúságokat (mm).

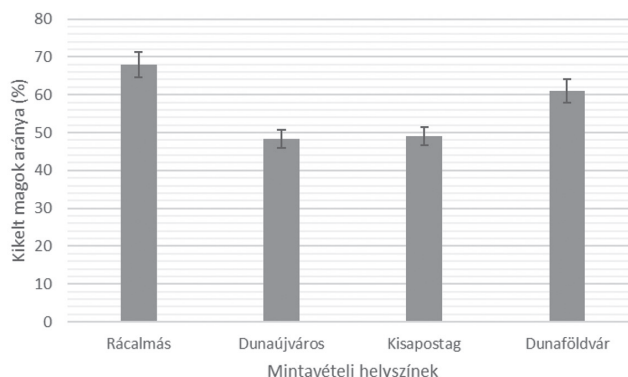
Eredmények

A KIKELT MAGOK SZÁMÁNAK ARÁNYA

A csíranövény-teszt eredményeinek értékelése során elsőként a kikelt magok számát határoztuk meg, majd kiszámítottuk ezek arányát az elvetett magok számához viszonyítva. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy az elvetett magok 48–68%-ban csíráztak ki.

A dunaújvárosi iszapmeddőről (3. ábra) és a Kisapostagról gyűjtött üledékminták esetén a csírázási képesség kisebb arányt mutatott. A legjobb eredményeket a Rácalmáson gyűjtött iszapminták és a Duna dunaföldvári szakaszáról gyűjtött minták adták.

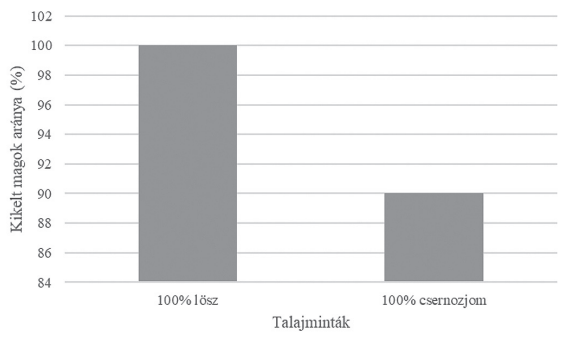
3. ábra. A Dunai iszapmintákon kikelt magok aránya



Az iszapminták mellett a térség környezetében megtalálható két domináns talajtípuson, a csernozjom- és lösztalajon is elvégeztük a csíranövény-teszteket. Az említett talajokon kikelt magok arányát a 4. ábrán mutatjuk be.

Ezek alapján megállapítható, hogy az iszapmintákhoz képest a csírázási képesség jobb eredményeket mutatott, a kikelt magok számának aránya 90–100% volt.

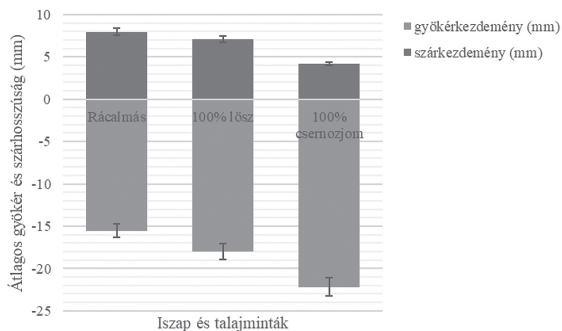
4. ábra. A kontrolltalajokon kikelt magok számának aránya



A DUNA RÁCALMÁSI SZAKASZA ÜLEDÉKÉNEK CSÍRANÖVÉNYTESZT-EREDMÉNYE

Az 5. ábrán a Duna rácalmási szakaszáról gyűjtött üledékminták eredményeit mutatjuk be. Ezekből jól látható, hogy a kontrolltalajokhoz képest a gyökérhosszúság rövidebb, a hajtáshosszúság pedig hosszabb lett – az üledékben található anyagok tehát serkentő hatást gyakoroltak a hajtások növekedésére, a gyökök fejlődésére viszont gátló hatást fejtettek ki.

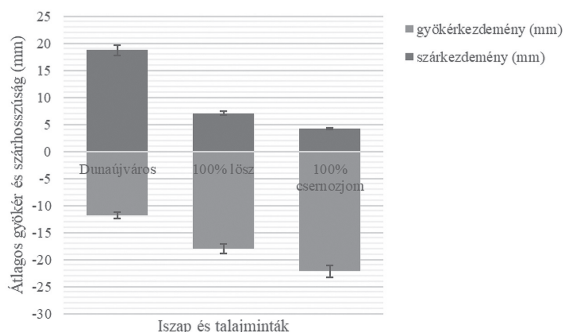
5. ábra. A rácalmási iszapmintákon és a kontrolltalajokon fejlődött gyökér- és szárkezdemények hosszúsága



A DUNA DUNAÚJVÁROSI SZAKASZA ÜLEDÉKÉNEK CSÍRANÖVÉNYTESZT-EREDMÉNYE

A dunaúJVárosi üledék csírázási eredményeit a 6. ábra mutatja be. A kontrollhoz képest az üledéken fejlődött fehér mustármagok gyökérhosszúságai kisebbek, a hajtások hosszúságai ezzel szemben nagyobbak lettek. Megállapítható, hogy az üledékben található anyagok itt is serkentették a hajtások növekedését.

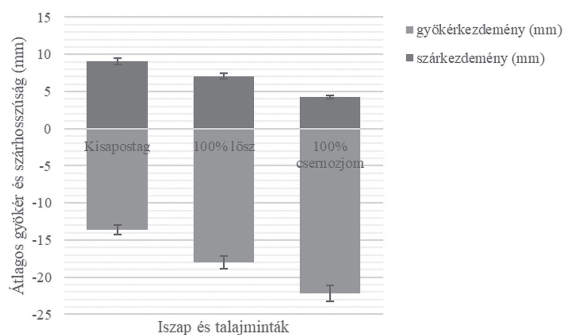
6. ábra. A dunaúJVárosi iszapmintákon és a kontrolltalajokon fejlődött gyökér- és szárkezdemények hosszúsága



A DUNA KISAPOSTAGI SZAKASZA ÜLEDÉKÉNEK CSÍRANÖVÉNYTESZT-EREDMÉNYE

Kisapostagról három üledékmintát gyűjtöttünk be, melyeket közvetlenül a Duna partjáról vettünk. A Duna ezen szakaszáról gyűjtött üledékekben lévő anyagok serkentették a fehér mustármagok hajtásainak növekedését, hiszen a kontrolltalajokhoz viszonyítva ezek az értékek nagyobbak voltak. A gyökerek ebben az esetben is kevésbé növekedtek olyan jól, mint a talajminták esetében (7. ábra).

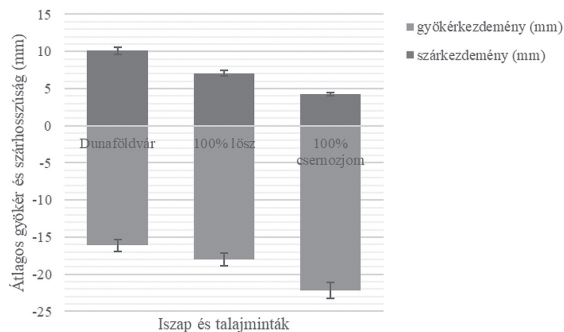
7. ábra. A kisapostagi iszapmintákon és a kontrolltalajokon fejlődött gyökér- és szárkezdemények hosszúsága



A DUNA DUNAFÖLDVÁRI SZAKASZA ÜLEDÉKÉNEK CSÍRANÖVÉNYTESZT-EREDMÉNYE

Dunaföldváron a Dunaföldvári híd és a hajóállomás feletti területekről vettünk üledékmintákat. A 8. ábrán látható, hogy a kontrolltalajokhoz képest a dunaföldvári üledéken fejlődött mustármagok gyökérhossza kisebb, a hajtáshossza viszont nagyobb lett, mint a kontroll esetében.

8. ábra. A dunaföldvári iszapmintákon és a kontrolltalajokon fejlődött gyökér- és szárkezdemények hosszúsága



Az eredmények értékelése, következtetések

Kutatásunk során a Duna Dunaújváros környéki szakaszáról gyűjtött üledékminták előzetes ökotoxicitás-vizsgálatát végeztük el MSZ-szabvány szerint, csíranövényteszt alkalmazásával. Tesztnövénynek fehér mustárt (*Sinapis alba*) választottunk, ennek csírázását vizsgáltuk meg azzal a céllal, hogy megállapítsuk, a begyűjtött üledékmintákban található anyagok toxikus hatást gyakoroltak-e a magok fejlődésére. A kikelt magok száma alapján elmondhatjuk, hogy a Kisapostagról és Dunaújvárosból gyűjtött iszapminták esetében figyelhettük meg a legkisebb arányú (48%) csírázási képességet. Az eredményeket összehasonlítva a kontrollmintaként használt csernozjom- és lösztalajok 90–100%-os csírázásával megállapítható, hogy az üledékekben található szennyező anyagok 30–60%-ban gátolták a fehér mustármagok csíráképességét. A magokból 72 óra alatt fejlődött szár- és gyökérkezdemények hosszúságait vizsgálva megállapítottuk, hogy a dunai iszapok gátolták a gyökérkezdemények fejlődését, azok átlagosan 21%-kal rövidebbek lettek, mint a lösz-, és 36%-kal, mint a csernozjomtalaj esetén fejlődött gyökérhosszúságok. A szárkezdemények hosszúságára ezzel szemben kedvező hatást gyakoroltak a dunai iszapokban található anyagok. Ebben az esetben a lösztalajhoz képest 1,1–2,7-szeres, a csernozjomtalaj eredményeihez képest 1,9–4,5-szeres növekedést figyeltünk meg.

[8] MSZ 22902-4:1990 Víztoxikológiai vizsgálatok, Csíranövényteszt.

[9] 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 és az EFOP-3.6.1.-16-2016-00003 számú projekt támogatta.

Drón alkalmazása mezőgazdaságban

Összefoglalás: A drónok, azaz a pilóta nélküli légi járművek az egész világ, így az Európai Unió légi közlekedési ágazatának rohamosan fejlődő része lettek. Ez az iparág mind az állami, mind a magán szférában komoly munkahelyteremtési és gazdaságnövekedési potenciállal bír. A tanulmány bemutatja a drónokkal kapcsolatos aktuális globális trendeket és megoldásokat, valamint a felhasználásukat szabályzó jogi kereteket. A hazai gazdaság számára a mezőgazdaság az ellátás biztonsága, illetve az export szempontjából egyaránt fontos. Ezért kiemelten a drónok eme iparágazatban történő alkalmazásnak bemutatására törekedtünk. A drón technológia a mezőgazdasági termelést új szintre emelheti. Az általa szolgáltatott adatokkal olcsóbb, hatékonyabb, magasabb hozamú és fenntartható termelés valósítható meg.

Kulcsszavak: Drón; mezőgazdaság; öntözés; permetezés; növény egészség.

Abstract: Drones, i.e. unmanned aerial vehicles, have lately become a rapidly developing part of the European Union's aviation sector. This industry, both in the public and private sectors, has significant potential for job creation and economic growth. In this article we presented current global trends and solutions related to drones and the legal framework governing their use. Agriculture is very important for the domestic economy, both in terms of security of the supply and in terms of exports. Therefore, in this article, we focused on presenting the application of the drones in this industry. Drone technology can take agricultural production to a new level. With the data it provides, it is possible to achieve cheaper, more efficient, higher-yielding and sustainable production.

Keywords: Drone; agriculture; irrigation; crop spraying; plant health.

* Szabadkai Műszaki Szakfőiskola
E-mail: szakall.tibor@gmail.com

** Szabadkai Műszaki Szakfőiskola
E-mail: saboanita@gmail.com

*** Dunaújvárosi Egyetem, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék
E-mail: kovari@uniduna.hu

**** Szabadkai Műszaki Szakfőiskola
E-mail: bojan.kuljic@gmail.com

[1] Európai Bizottság (2020): *Az agrár-élelmiszeripar támogatása a koronavírus-járvány idején*. https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/coronavirus-response_hu

[2] Központi Statisztikai Hivatal (2020): *A koronavírus-járvány lehetséges hatásai a mezőgazdasági idénymunkára*. <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/koronavirus-mezogazdasag/index.html>

Bevezető

A koronavírus-járvány 2019-es kitörése óta várható volt, hogy egyes termelők, ipari és népjóléti ágazatok szerepe fel fog értékelődni az előttünk álló, ismeretlen ideig tartó harcban. Ezek közül is kiemelkedik a mezőgazdaság, a vegyi- és gyógyszeripar, valamint az egészségügy. A 2020-as évben az uniós agrár-élelmiszeripari ágazat bizonyított és sikeresen jó minőségű, biztonságos élelmiszerekkel látta el a lakosságot. Janusz Wojciechowski, a mezőgazdaságért felelős európai biztos 2020 nyarán kijelentette: „A koronavírus-járvány soha nem tapasztalt hatást gyakorolt társadalmunkra és gazdaságunkra. Termelőink és az uniós élelmiszer-ellátási lánc szereplői a nehézségeik dacára keményen dolgoznak azért, hogy Európának legyen mit ennie.” [1]

A termelőknek a járvány miatt, eddig ismeretlen nehézségekkel kellett szembenézniük. A koronavírus-járvány következtében világszerte nehézségbe ütközik az időszaki mezőgazdasági munkaerő alkalmazása. A korlátozások és határlezárásek miatt 2020 tavaszán hazánkban is gondot jelentett az idénymunkák elvégzése az ültetvénytermesztő és kertészre szakosodott gazdaságok számára. [2]

A kormányok saját és uniós keretből igyekeznek a mezőgazdasági termelőket és területeket közvetlen támogató intézkedésekkel megsegíteni a rendkívüli helyzetben. [1] Az emberi munkaerő időszakos hiányát teljes mértékben nem lehet orvosolni, de részben gépesítéssel és automatizálással, részben a munkafolyamatok optimalizálásával enyhíteni lehet.

A hazai gazdaság számára a mezőgazdaság az ellátás biztonsága, illetve az export szempontjából egyaránt fontos. Kutatásunk során a drónok mezőgazdaságban és erdészetben történő alkalmazását vizsgáltuk. Ez a feltörekvő technológia meg lehetőségen nagy befektetést igényel, de használatával remélhetően csökkenthető az emberimunkaerő-igény, és növelhető a termelés biztonsága.

A mezőgazdaságról és a drónokról

A drónok civil alkalmazására a világban nagyon sok példát lelhetünk fel: urbánus környezetben, építkezéseken, természeti katasztrófa feltárásában stb., de mezőgazdaságban és erdészetben is. Mielőtt utóbbiakat bemutatnánk, ismertetünk a mezőgazdasággal és a drónokkal kapcsolatban pár fontos tudnivalót.

A MEZŐGAZDASÁGRÓL

Nagy István agrárminiszter nyári kijelentése szerint: „... a koronavírus-járvány volt a magyar mezőgazdaság terheléspróbája, és az agrárium, a hazai élelmiszeripar kiállta a próbát.” [3] Amint elmondta, az év első három hónapjában az agrártermékeknek a teljes nemzetgazdaság külkereskedelmi többletéhez viszonyított aránya 43,6% volt. Az agrárgazdaság közel 809 millió euróval járult hozzá a nemzetgazdasághoz.

A 2020-as év minden idők egyik legszárazabb tavasza volt, mintegy 300 ezer hektár termőföldet ért aszálykár. Sajnos ez nem egyedi eset, hanem tendencia, ezért eltökélten folytatni kell a klímavédelmi intézkedéseket, mint például a fásítást és az öntözésfejlesztést. „A versenyképes magyar agrárium egyik alapfeltétele az öntözéses gazdálkodás kiterjesztése” – állapította meg a miniszter, és közölte, hogy a kormány szándéka a következő tíz évben évi 17 milliárd forint forrást biztosítani az öntözéses gazdálkodás fejlesztéséhez.

Ezekből az adatokból leszűrhető, hogy a mezőgazdaság az ellátásbiztonság mellett igen fontos exportbevételt valósít meg. Mivel stratégiaiilag és nemzetgazdaságilag igen fontos terület, várható, hogy az öntözésfejlesztés mellett további pénzforrások fogják támogatni például az új technológiák bevezetését. Külföldi példák alapján elmondható, hogy a kézi munkaerőt ugyan nem tudják helyettesíteni, de a drónok alkalmazása is hozzájárulhat a még stabilabb, nagyobb volumenű termeléshez.

A DRÓNOKRÓL

A drón elnevezés magában foglalja mindazokat a légi járműveket, amelyek pilóta, vagyis közvetlen emberi irányítás nélkül képesek repülni (röv. UAV). A drónok az 1980-as évek óta használatosak. Az éles fegyverrel felszerelt katonai drónok destruktív alkalmazása miatt sokszor negatív érzés tölt el bennünket a drón szó hallatán. A kereskedelmi forgalomban kapható civil felhasználású vagy hobbi drónok csak vezérlési módjukban hasonlítanak a távvezérlésű harci repülőgépekhez.

A magánszemélyek, vállalatok és intézmények számára készült eszközök természetesen nincsenek felfegyverezve, leginkább szórakoztató vagy szolgáltató céllal kerülnek forgalomba. Elterjedésüket segítette a szabályozás enyhítése. A drónok új lehetőségeket nyitottak a fényképezésben, videofelvétel készítésében, a levegőből történő terepfelmérésben, eltűnt személyek keresésében, apróbb csomagok házhoz

[3] Világgazdaság (2020, August 19): *Nagy István: a koronavírus-járvány volt a magyar mezőgazdaság terheléspróbája.* <https://www.vg.hu/gazdasag/gazdasagi-hirek/nagy-istvan-a-koronavirus-jarvany-volt-a-magyar-mezogazdasag-terhelesproba-ja-2863589/>

[4] Silver, Brad (Et al.) (2017 July): Communications Review, The addressable market for drone-powered solutions. www.pwc.com/communicationsreview

[5] EASA (2020, March): *Drones - regulatory framework background*. <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas/drones-regulatory-framework-background>

[6] Európai Bizottság (2020, Jun 4): *Az (EU) 2019/947 végrehajtási rendeletnek egyes intézkedései alkalmazása kezdőnapjának a Covid-19 világjárvány miatti elhalasztása tekintetében történő módosításáról*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/>

szállításban. Tömeges gyártásukkal egyre olcsóbbak – és idővel – nagyobb teherbírásúak lettek. A világban 2107-ben 127 milliárd USD értékben alkalmaztak drónokat, ebből csak a mezőgazdaságban 33 milliárd USD értékben. [4]

Jogi szabályzásuk

Habár a drónok nyújtotta szolgáltatások nagyban megkönnyíthetik mindennapjainkat, számuk rohamos növekedése miatt várhatóan a balesetek és jogsérelmek száma is meg fog növekedni. Erre a problémára reagálva az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (röv. EASA) [5] kidolgozta és 2019 nyarán kihirdette a drónokra vonatkozó szabályozás tervezetét.

Az EU hatásköre – a jelenlegi szabályozás szerint – a 150 kg feletti drónokra terjed ki. Az ennél kisebb pilóta nélküli légi járművekre az egyes államok jogszabályai mérvadóak. A 2020. július 1-jétől alkalmazandó új szabályozás egyszerre támogatja az európai határokon átnyúló drón-forgalmat és biztosítja az egyének biztonságát, illetve magánszférájuk védelmét. Az Európai Bizottság a COVID-19 világjárvány miatt 2020 júniusában hozott 2020/746-os végrehajtási rendelete a szabályzás alkalmazását 2021. január 1-jéig elhalasztja, vagyis a jelenlegi bonyolult és hosszú adminisztrációval járó légitér-engedélyeztetés marad hatályban legalább a 2020-as év végéig. [6] Ennek következtében a modernebb, megengedőbb jogszabályok Magyarországon leghamarabb 2021-ben lépnek életbe.

Magyarország deklaráltan vezető szerepet kíván betölteni a drónalapú szolgáltatások s a drón-technológia terjesztésében, valamint ezek használatával magasabb hozzáadott értéket és gazdaságélénkítő tevékenységet szeretne elérni. Ehhez viszont mindenképpen szükség van az új szabályozások életbe lépésére. Hiszen jelenleg a régi, merev és indokolatlanul nagy mennyiségű adminisztrációt igénylő rendelkezések vannak életben, amelyek megnehezítik a drónalapú szolgáltatások elterjedését a gazdaságban. Szerencsére a lakott területeken kívüli drón-használat sokkal kevesebb engedélyhez kötött, mint például azok urbánus környezetben történő használata.

Típusaik és felszereltségük

A drónok kis repülő eszközök, általában kevesebb, mint 25kg súllyal. Jellemzően nem szállítanak embert. A repülés módja s a kialakítás alapján három típusba sorolhatóak: merev- vagy forgószárnyasok, valamint levegőnél könnyebb drónok (1. ábra).

1. ábra. Merev-, forgószárnyas és levegőnél könnyebb drónok



Forrás: [7]

A merevszárnyas drónok hátránya, hogy folyamatosan mozgásban kell lennie ahhoz, hogy a levegőben maradjon. Nem tud egy helyben lebegni és már közepes szél is könnyen hibás pozicionálást okozhat.

A levegőnél könnyebb drónok – általában hélium ballonok – előnye, hogy zajtalanok és szélcsendes időben gond nélkül egy helyben tudnak lebegni. Ez az erdészetben az állatok vonulásának követésére teszi alkalmassá. Sajnos a kicsi tömege és nagy felülete miatt a legkisebb szél is gondot okoz az irányításában.

A forgószárnyas drónok a legrobosztusabbak. Tudnak egy helyben is lebegni, 4–8 propellerrel vannak ellátva, jól tűrik a szelet. A felsoroltak közül legjobban ez a típus tudja megismételni és tartani a pozícióját a tereptárgyakhoz képest. A mezőgazdaságban és erdészetben döntő többségben ezt a típust alkalmazzák.

A drónok irányítása lehet közvetlen vagy autonóm. A közvetlen irányítás estében a pilóta drótnélküli távirányítással röpteti az eszközt. De léteznek vezetékes megoldások is. Ez esetben a vezetéken keresztül tápfeszültség-ellátás is megvalósul. Ennek köszönhetően az ilyen drónok rendelkeznek a leghosszabb repülési idővel, de sajnos a legkisebb aktivitási hatótávval is. Az autonóm repülés esetében a drón előre beprogramozott koordinátákat (pl. GPS) követ, vagy tereptárgyak DSP-kép felismerése alapján repül.

[7] Hajdu, Ines (2018 April): *Powerful Role of Drones in Agriculture*. https://blog.agrivi.com/post/powerful-role-of-drones-in-agriculture_april2018

[8] Mazur, Michal (2016 July 20): *Six Ways Drones Are Revolutionizing Agriculture*. <https://www.technologyreview.com/2016/07/20/158748/six-ways-drones-are-revolutionizing-agriculture/>

[9] Kovács-Bokor, É.– Domokos, E.–Kiss, E. (2019): Folyóvízi üledékek nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata növényekkel. *International journal of engineering and management sciences*. 4.(2.) Pp. 46–53.

A drónok változatos felszereltséggel rendelkezhetnek. A hobby gépek esetében ez egy fixen szerelt vagy külön irányítható kamera, míg a professzionális drónokon RGB-, infravörös és multispektrumú kamerák is megtalálhatóak. Gyakori felszerelés a navigálást és pozicionálást elősegítő GPS- és lokális jeladókra hangolt antenna. A távolság mérésére ultrahangos, lézeres vagy LiDAR adó-vevők szolgálnak. Hasznos kiegészítő a hang rögzítésére szolgáló mikrofon s a lejátszására szolgáló hangszóró is. A mezőgazdasági és erdészeti alkalmazású drónokon igen gyakoriak a különböző gázok érzékelésére szolgáló szenzorok, a nedvesség valamint a hőmérséklet mérésére alkalmas érzékelők. Emellett vannak folyékony vegyszerek szórására, vagy apró magvak talajba juttatására kialakított drónok is.

Alkalmazási lehetőségek

Az egész világon fellelhetőek példák a drónok alkalmazására az erdő- és mezőgazdaság területén. Egyes megoldások éghajlat- és haszonnövény-specifikusak, de ezek a példák is hasznos információkkal és ötletekkel szolgálhatnak a drónok azonos területen történő magyarországi felhasználására.

A drónokkal könnyen és gyorsan igen sok, pontos és fontos adatot lehet összegyűjteni, amit emberi erővel nem lenne gazdaságos megtenni. Az adatokat az egész év folyamán, az aktuális munkafolyamathoz igazítva lehet többször is begyűjteni, a megszerzett adatok alapján pedig nagyobb biztonsággal lehet döntéseket hozni. Az adatgyűjtés mellett természetesen aktív műveletek is elvégezhetőek a célterületen.

TALAJ- ÉS SZÁNTÓFÖLDELEMZÉS

Ez a művelet egész évben végezhető, de különösen fontos a vetési ciklus kezdetén. Pontos 3D-térképek készülnek a szántóföldről, amik hasznosak lehetnek a megvetési minták tervezésében. [8] Ugyanakkor a talajelemzés adatokat szolgál a nedvességtartalomról, ami ha túl magas (visszahúzódó belvíz) vagy túl alacsony (öntözés szükségessége), akciók elvégzését indíthatja el. [9] A drónnal történő talajnitrogénszint mérése is ekkor történhet (2. ábra).

2. ábra. Talaj- és szántóföldelemzés



[10] Alan, Mark
(2018 Jul 3): *Drone
Deploy Mapping
Demo Tutorial*.
<https://www.youtube.com/>

Forrás: [10]

NÖVÉNYFIGYELÉS

A hatalmas mezők és a termésellenőrzés alacsony hatékonysága együttesen a mezőgazdasági termelés egyik legnagyobb akadályát képezi. A műholdas technológia által készített képek a legfejlettebb megfigyelési formát kínálják ezen a területen. A képeket azonban hetekre előre, igen költségesen kell megrendelni, valamint a távolság miatt a felbontás és pontosság sem az erősségük.

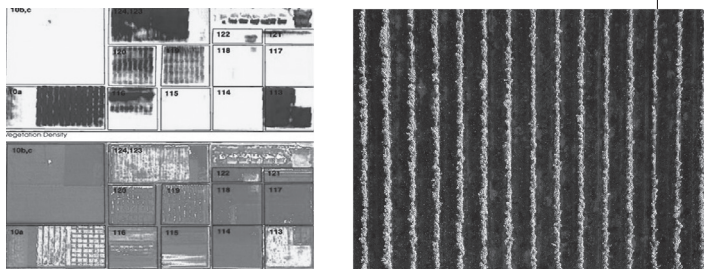
Ugyanez a feladat programozott útvonalon repülő drón használatával olcsón, bármennyiszer elvégezhető. A döntés, a repülés előkészítése és az adatok beérkezése akár pár óra alatt megtörténik. Drónnal nagy felbontású, közeli felvételek készülnek. A repülési útvonal pontos ismétlése idősoros animációk létrehozását teszi lehetővé, melyek aztán megmutatják a termés pontos fejlődését.

[11] Susan Moran.
earthobservatory.
nasa.gov Tomas
Anunziata. pexels.
com

[12] Probst, L.–Peder-
sen, B.–Dakkak-
Arnoux, L. (2018):
Drones in agriculture.
*European Commis-
sion.*

[13] Irrigated Agri-
culture. (2019
November): GAO-20-
128SP. [https://www.
gao.gov](https://www.gao.gov)

3. ábra. Növényfigyelés műholddal és drónnal

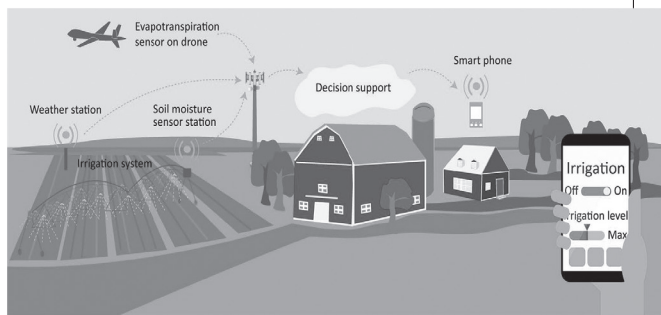


Forrás: [11]

ÖNTÖZÉS ÉS TERMÉNYPERMETEZÉS

A multispektrális vagy hőérzékelőkkel rendelkező drónok képesek azonosítani, hogy a mező mely részei szorulnak öntözésre (4. ábra). Azzal, hogy csak az arra rá-szoruló területek kerülnek öntözésre, hatékonyabb lesz a víz- és energiafelhasználás. Ezáltal gazdaságosabb és fenntarthatóbb a termelés. Azokon a területeken, amelyek túl nedvesek, az optimális talajnedvesség-tartalom elérése érdekében kiszáritás vagy lecsapolási akció indítható el. [12]

4. ábra. Öntözéstámogatás drónnal



Forrás: [13]

A távolság- és nedvességmérés mellett a drón a megfelelő mennyiségű folyadékot permetezi, modulálva a talajtól való távolságot.

A növények felett – közel – repülve, folyamatos távolságot tartva, a mért nedvességi adatok alapján a megfelelő permetszer juttatható közvetlenül a növényekre (5. ábra). Ennek eredményeképp elérhető a haszonnövények teljes lefedettsége a permetszerrel, miközben a talajvízbe jutó vegyi anyagok mennyisége nagymértékben csökkenthető. [14] Ezzel a módszerrel hatékonyabb a termelés, a kevesebb felhasznált vegyszer anyagilag is megtérül, valamint a környezet is kisebb vegyi terhelésnek van kitéve. A drónnal történő permetezés akkor is kivitelezhető, amikor a talaj átázottsága miatt nehéz munkagépekkel ez nem végezhető el.

Érdekesség, hogy a mezőgazdasági felhasználás mellett a permetezésre kialakított drónok új környezetben is alkalmazásra kerültek. A COVID-19-járvány miatt az urbánus környezetben alkalmazzák őket utcák, épületek, tereptárgyak, valamint járművek vegyszerrel történő permetezésére. Ezzel a fertőtlenítést segítik és gyorsítják fel, hozzájárulva a vírus terjedésének lassításához.

[14] Kovács-Bokor É.–Kiss E. (2018): Dunai iszapos üledék nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata növényekkel. *International journal of engineering and management sciences*. 3.(1.) Pp. 163–170.

[15] Croptracker. <https://www.cropt-racker.com/blog/drone-technology-in-agriculture.htm>

5. ábra. Permetezés drónnal



Forrás: [15]

EGÉSZSÉGÜGYI ÉRTÉKELÉS

Ez a tevékenység a mezőgazdaság mellett a gyümölcsstermelésben és erdészetben alkalmazható igen sikeresen, hiszen alapvető fontosságú a növények egészségének felmérése és a fák bakteriális vagy gombás fertőzésének észlelése.

[16] Gerard, S. (Ed.) (2018): E-agriculture in action: Drones for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and International Telecommunication Union (ITU). Bangkok. ISBN 978-92-5-130246-0s

A rendszeres egészségügyi felmérés emberi munkaerővel igen nehézkesen lenne megoldható. A lombkoronákat néhány méter magasság felett az ember már csak segédeszközök használatával tudja elérni, valamint a terület bejárásának ideje is hátráltató körülmény. A drónok számára viszont ez egy egyszerűen elvégezhető feladat. A növények leveleinek látható és NIR (Near Infrared Light, közel infravörös fény) letapogatásával multispektrális képek keletkeznek. Ezeken a képeken nyomon követhetőek a levelek és azokon keresztül a növények egészsége. [16] Az időben felfedezett betegségek kezelése egész gyümölcsösök, erdők megmentését eredményezheti.

TOVÁBBI ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK

A felsoroltak mellett nagyon sok alkalmazási kísérlet lelhető fel a világ számos pontján. Itt említenénk meg párat.

Biztonsági felügyelet: az erdő faanyag, vadállományát és a mezőgazdasági termelés gyümölcseit meg kell védeni az állatoktól és emberektől. Az éjjellátó kamerákkal, mikrofonnal és hangszórókkal felszerelt drónok nemcsak őrző és felügyeleti járőrözést tudnak végezni, hanem fényképeket is tudnak készíteni az eseményről, valamint – riasztó – hangjelzéseket és utasításokat is le tudnak adni.

A drónok kamerafelvételeinek valós idejű követésére lehetősége van a pilótának, vagy a bázisállomáson tartózkodóknak. Ezáltal elkóborolt állatok kutathatóak fel, vadállomány állatainak vonulása követhető. Szükség szerint ebben az esetben is leadhatóak hangjelek.

Még erősen kísérleti fázisban járó projekt a gyümölcsösök mikro rovar-drónok segítségével történő mesterséges beporzását célzó kutatás, de támogatói nagy reményt fűznek hozzá.

Összefoglalás

Magyarország deklaráltan vezető szerepet kíván betölteni a drónalapú szolgáltatások és a drón-technológia terjesztésében. A drón-technológia a mezőgazdasági termelést új szintre emelheti. A begyűjtött adatokkal olcsóbb, hatékonyabb, magasabb hozamú

és fenntartható termelés valósítható meg. A drónok természetesen a kézi munkaerőt igénylő folyamatokban nem tudják helyettesíteni az embert, de sok esetben nagy segítség tud lenni a fenntartható mezőgazdasági termelésben.

A drón-technológia alkalmazása a mezőgazdaságban terjedőben van, de még fejlődés alatt áll. Ezért a gazdálkodóknak – mielőtt a drága eszközökbe befektetnének – meg kellene ismerniük annak lehetőségeit és korlátait is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség” című projekt támogatta.

Termination of the minimal ignition energy of graphite dust at different temperatures using electric spark

Abstract: The producing of carbon-rich pellet is an emerging technology, but it has some possibility of hazards during the manufacturing, and similarly in application and usages.

The powders of carbon or graphite has relatively low average diameter, between 2 and 20 μm as the lowest diameter, although the main mass is having much greater sizes.

In this report the electric ignition properties of the dusts are described, and the MIE (the minimal ignition energy is measured, and the results are given.

Keywords: Carbon rich pellet; minimum ignition energy; graphyte powder.

**Dunaiújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természet-
tudományi és Környezetvédelmi
Tanszék
E-mail: kisse@uniduna.hu*

Materials and methods

Graphite powder of the mean diameter of cca. 20 μm was tested at different concentration at different temperature between 15 and 160 $^{\circ}\text{C}$ using Hartmann tube on Fig. 1.

Fig. 1. The Hartmann tube and the piping of air feed with the pressure gauge

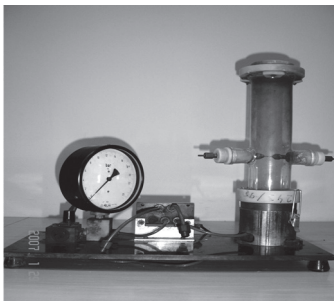
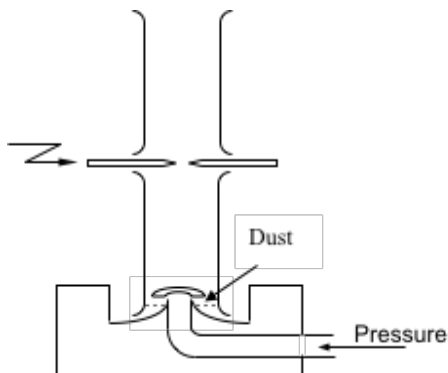


Fig. 2. The Hartmann tube and the electric connection and arrangement

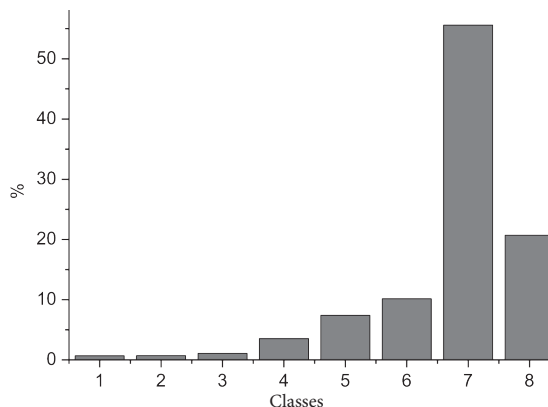


The internal diameter of the glass-made Hartmann tube is 68mm, the length is 400 mm.

The dust was placed to the basement of the Hartman tube (Fig. 2.) and was elevated by a pressured air burst. The spark was made by discharging a capacitor at the time of the air burst.

The graphite powder had an initial size distribution similar to that is shown in *Fig. 3*.

Fig. 3. The size distribution of the raw powder used in the experiment



Classes:

1	5,6 mm
2	4,0 mm
3	2 mm
4	1 mm
5	0,5 mm
6	0,25 mm
7	0,075 mm
8	< 0.075 mm

The raw powder was screened and the finest category was separated and used with the mean diameter of 20 μm .

The basement of the Hartmann tube and with that the dust also was heated to various temperatures between 15 and 160 $^{\circ}\text{C}$. The gas was simultaneously heated to the same temperature.

MEASUREMENT OF MINIMUM IGNITION ENERGY (MIE)

Charging and discharging a high voltage capacitor and measuring the energy loss

The energy was determined by measuring the energy loss of the capacitor. If the voltage of the capacitor before discharging its energy into the airborne dust is V_b , and V_a is after the end of the discharge, then the energy used is

$$E = \frac{1}{2} C (V_b^2 - V_a^2) \quad .$$

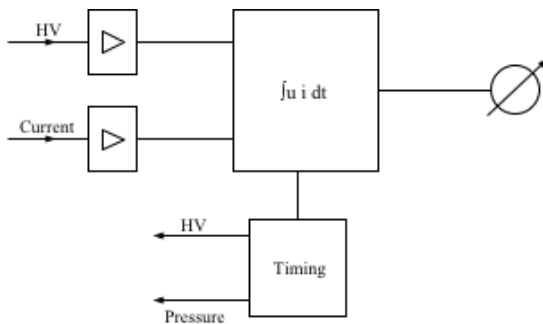
In this process the gap between the electrodes is set so that there is no discharge in clean air, but at the presence of dust that is automatically ignited.

Charging and discharging a high voltage capacitor and determining the energy used by measuring the voltage and current continuously and calculating the result

In this method the voltage between the electrodes and the discharge current are continuously and simultaneously measured, and the energy is calculated with the form below using the analogous electronic with the flow diagram of Fig. 4.

$$E = \int_0^t i(t) \cdot u(t) dt \quad .$$

Fig. 4. The measurement of MIE using analogous computation



Using a high voltage capacitor charged to high voltage and switched by power MOSFET to the discharge gap for certain time

In this method a 0,1mF high voltage capacitor was charged to high voltage (1, 2, and 3kV) and was switched to the gap, set to ignite the discharge at the given voltage, and the current was also set to a constant value with a serial resistor and feedback. The switch on time was controlled, and the energy was determined according to the form below.

$$E=VIt.$$

The results

The dependence of the minimal ignition energy was determined as a function of dust concentration. It shows a minimum value as it can be seen on Fig. 5.

Fig. 5. The dependence of the minimal ignition energy (MIE) of graphite dust on dust concentration

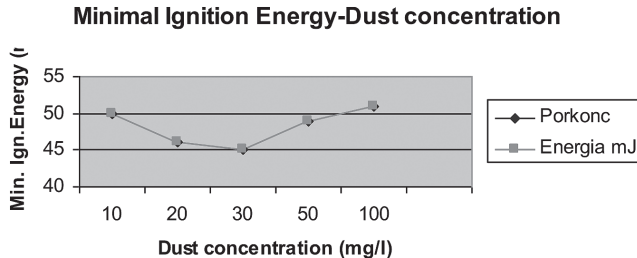
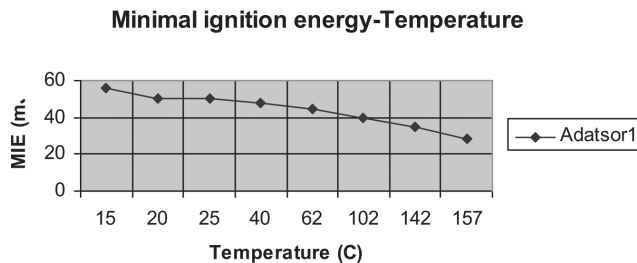


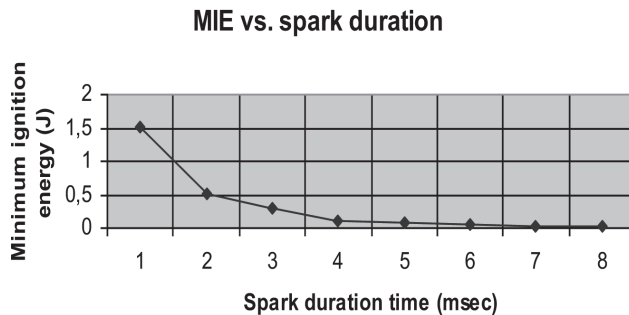
Fig. 6. The dependence of the minimal ignition energy (MIE) of graphite dust on temperature



The MIE is decreasing by increasing temperature as it can be seen in Fig. 6.

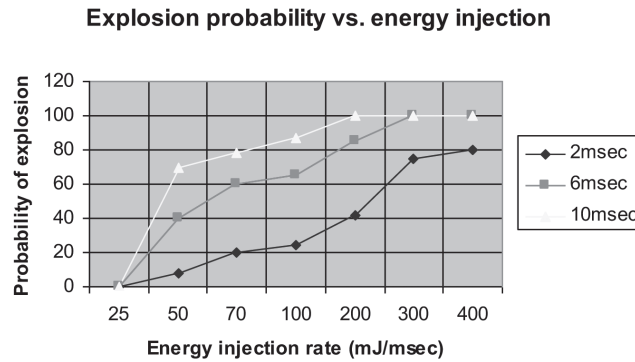
The MIE is dependent to the spark duration time if measured by the method of 1.1.3. as it can be seen of Fig. 7.

Fig 7. The minimum ignition energy vs. spark duration time



Using the same method, the explosion probability is depended on the energy injection rate as it is indicated on Fig. 8.

Fig.8. The explosion probability vs. energy injection rate at 250g/m3 dust concentration



Acknowledgement

Thanks for the support of EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Produce together with the nature – agroforestry as a new outbreaking possibility” project.

magnitudes of electrostatic field the ceramic-made ozonizer devices

Abstract: The Laplace Equation was solved by numerical and computer-aided analytical methods in order to determine the potential and field strength distribution between the discharge and the induction electrode of the ceramic-made ozoniser and ioniser devices. The investigation was made in the case of both sheet and cylindrical devices. The ignition voltage is also given.

Keywords: Electrostatic field; ceramic made ozonizer; Laplace equation.

* Dunaújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természet-
tudományi és Környezetvédelmi
Tanszék
E-mail: kisse@uniduna.hu

*** Dunaújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természet-
tudományi és Környezetvédelmi
Tanszék
E-mail: kovacsbe@uniduna.hu

Introduction

It is very clear from the 50ths of this century that ozone has an increasing importance among oxidising materials, because it is the second strongest substance in this field after fluorine, and leaves no hazardous agents in the environment but after a certain time decomposes into oxygen. The expanding application of ozone also enhances also demand on ozone generators. To design and manufacture these equipment's is a spreading industry throughout the world. The demand on a very reliable, thermal and mechanical shock resistant as well as unerodable ozoniser has gained particularly. One of prosperous fulfilment of this task is the ceramic-based ozoniser devices using high frequency surface discharge proposed by the authors. In this devices ozone is produced in a high frequency silent discharge between a discharge electrode placed on the surface of a high purity alumina ceramics and an induction conductive sheet embedded inside. [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] It seems to be very necessary to investigate the electrostatic field and potential distribution of this newly developed device. For achieving this target a computer aided semi-analytical and a numerical model was established. The methods and results of this work is presented below.

Methods and apparatuses

The ceramic-based ozoniser devices have various geometrical shapes and sizes. The most important varieties are the one line (*fig. 1*), the plate (*fig. 2*) and the cylindrical type (*fig. 3*) ozoniser. Each of them has a long stripe like discharge electrode half-embedded in the ceramics, as it is shown in *figure 4*. For determination of the field map, the simplifying of the discharge electrode is necessary to facilitate the calculation. According to *fig. 4* the cross section of the discharge electrode was taken as an ellipse (*fig. 5*) with a minor and major axis of 0,06 mm and 1.001899mm, respectively, so that the distance between foci was 1.0 mm. The basic electrode arrangements of the ozoniser shown *fig. 1* is taken as an infinite plane (representing the induction electrode) parallel to an elliptical cylinder of infinite length (as a simplified discharge elec-

[1] Masuda, S.–Kiss, E. (1983):
Proc. of 1983 Annual Meeting of the Institute of Electrostatics Japan. (Okt.22–23, 1983 in Tokyo)

[2] S. Masuda, S.–Kiss, E. (1984):
Proc of Int. Conf. on Ind. Electrostatics. (May.17–19, 1984 in Budapest, Hungary)

[3] Kiss, E.–Masuda, S. (1984):
Communique of Dunaújváros College of Miskolc University. (1984 Dunaújváros, Hungary)

[4] Kiss, E.–Masuda, S. (1985):
Communique of Dunaújváros College of Miskolc University (1985 Dunaújváros, Hungary)

[5] Kiss, E.–Masuda, S.: *Ibid.*

[6] Masuda, S.–Kiss, E. (1986):
Will be presented in Proc of 1986 Annual Meeting of The Institute of Electrostatics Japan (Okt. 24–25. 1986 in Oita)

[7] Kiss, E.–Masuda, S.: *Ibid.*

trode) as it seems in *figure 8*. In the case of the plate type ozoniser (*fig.2*) this arrangement is modified slightly to have nine electrodes of infinite length being parallel to each other and to the plane. For the ozoniser shown in *fig.3*, a cylinder is taken instead of the infinite plane (as the induction electrode). In this investigation the field map was made both by computer aided semi-analytical and numerical method using personal computer.

Figure 1. Design of the One Line Type Ozoniser

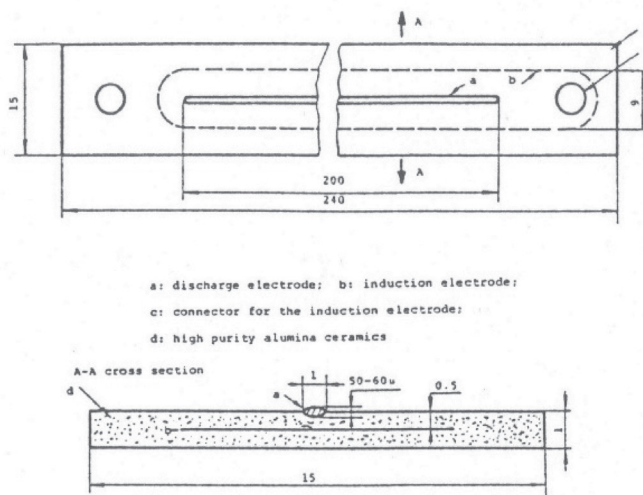


Figure 2. Design of the Plate Type Ozoniser

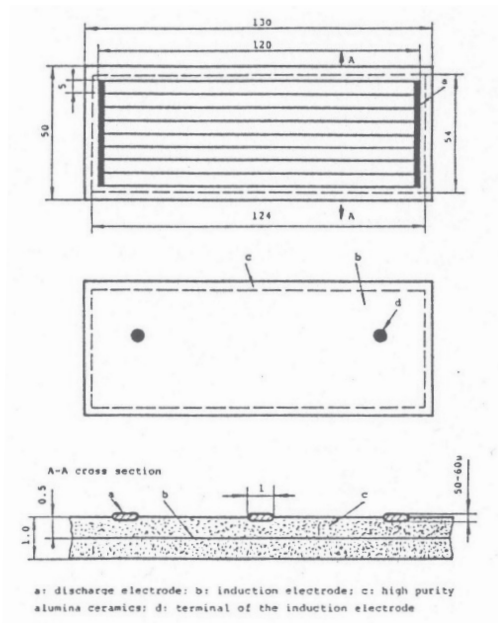
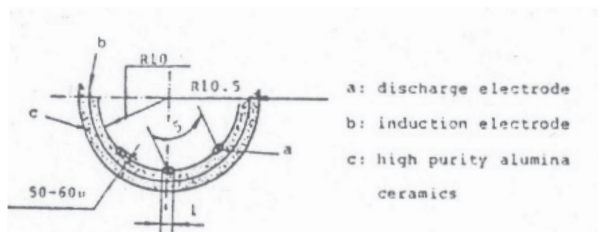


Figure 3. Design of the Cylindrical Type Ozoniser



For both solution the electrode arrangement was considered as a two dimensional problem in the plane being perpendicular to the electrodes. For the analytical solution the discharge electrode was substituted for two line charges of infinite length being in the foci the ellipse situated in the boundary layer of the ceramics and the air. In order to solve the Laplace equation, a square grid was made. The lines of the grid were parallel (and perpendicular) to the induction electrode.

Results

At a certain voltage applied between the discharge and the induction electrode the field strength of the tip of the ellipse reaches the critical value of that for air. These voltages are calculated and experimentally measured. The results are presented in the figure 6. The experimental results are obtained from the ignition voltage of streamers. The ignition voltage of streamers depends on the frequency of excitation, as it shown in *fig.7*. That is, for a suitable theoretical analysis of the ozonisers, the solution of the Laplace equation is not totally satisfactory. This fact will be considered later. The equipotential curves of the one line ozoniser (and ioniser) are presented in the *figure 8*. The other results will be presented in the conference.

Figure 4. The Discharge Electrode

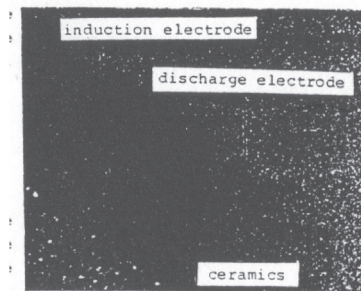


Figure 5. Cross Section of the Discharge Electrode Taken in the Models

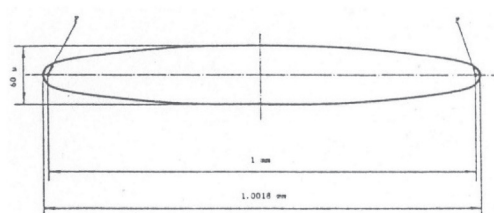


Figure 6. Ignition Voltage v. s. Electrode Gap

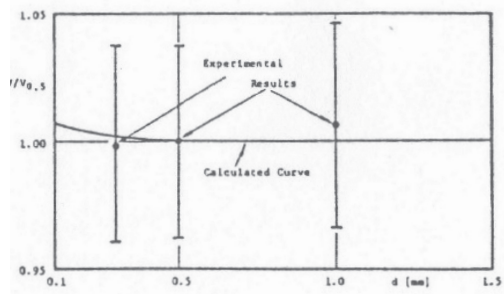


Figure 7. Ignition Voltage v. s. Frequency

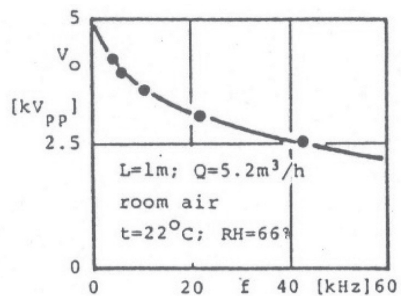
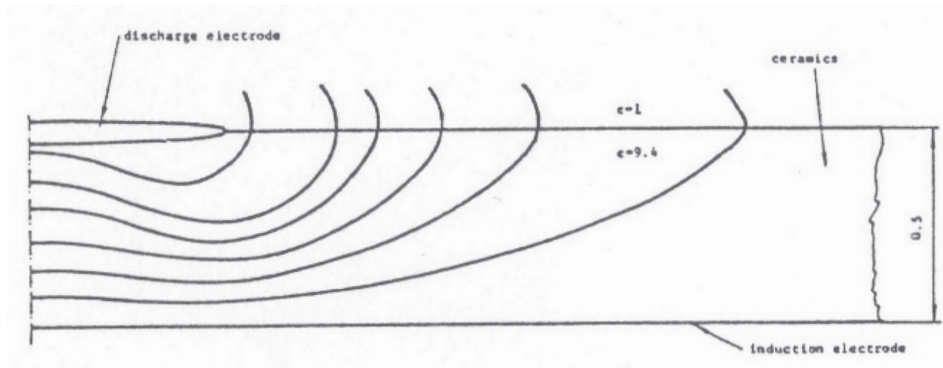


Figure 8. Equipotential Curves of the One Line Type Ozoniser



Acknowledgement

Thanks for the support of EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Produce together with the nature – agroforestry as a new outbreaking possibility” project.

Nehézfémek előfordulása vizekben és üledékekben

Összefoglalás: Sok esetben a felszíni vizek lebegőanyag-tartalma viszonylag kicsi, szerepe mégis nagy lehet, mert a fémszennyezők nagyobb hányada a lebegőanyagban található, és csak kis része az oldott fázisban. Folyókák esetén az oldott, és lebegőanyag mennyiségének alakulása döntően függ a vízhozamtól. A vízhozam növekedésével nagymértékben nő a szállított lebegőanyag mennyisége, oldott anyagra a növekedés kisebb. A cikk a nehézfémek előfordulását mutatja be vizekben és üledékekben.

Kulcsszavak: Nehézfém; előfordulás; környezeti terhelés.

Abstract: In many cases, the suspended solids content of surface waters is relatively small, yet its role can be large because a larger proportion of the metal contaminants are present in the suspended solids and only a small fraction in the dissolved phase. In the case of rivers, the development of the amount of dissolved and suspended matter depends crucially on the water flow. As the water flow increases, the amount of suspended solids increases greatly, the increase for dissolved matter is smaller. The paper presents the occurrence of heavy metals in water and sludge.

Keywords: Heavy metal; occurrence; environmental load.

**Dunaújvárosi Egyetem,
Műszaki Intézet, Természettu-
dományi és Környezetvédelmi
Tanszék*

E-mail: kovari@uniduna.hu

[1] Hunkár H. (2011):

*Folyóvízi iszapos
üledék nehézfém tar-
talmának vertikális
terjedés vizsgálata.*
Dunaújváros.

[2] Literáthy P. (1982):

*Felszíni vizek nehéz-
fém szennyezései.*
Budapest: Műszaki
könyvkiadó.

Bevezető

Sok esetben a felszíni vizek lebegőanyag-tartalma viszonylag kicsi, szerepe mégis nagy lehet, mert a fémszennyezők nagyobb hányada a lebegőanyagban található, és csak kis része az oldott fázisban. Folyók esetén az oldott- és lebegőanyag mennyiségének alakulása döntően függ a vízhozamtól. A vízhozam növekedésével nagymértékben nő a szállított lebegőanyag mennyisége, oldott anyagra a növekedés kisebb. A cikk a nehézfémek előfordulását mutatja be vizekben és üledékekben Hunkár (2011) áttekintése alapján. [1]

Szilárd állapotú nehézfém-forma kialakulása felszíni vizekben

A természetes eredetű szerves és szervetlen szilárd anyagok a kicsapódás és koprecipitáció számára magképzőként, az adszorpcióra adszorbensként hatnak. A kemoszorpció során, az oldott állapotú nehézfém-szennyező kémiai reakcióba lép a szilárd részecske felületén található ionokkal, molekulákkal, és vízben rendkívül rosszul oldódó vegyület képződik. A kémiai reakciók által szabályozott folyamatokat az adott állapotú nehézfémek vízi környezetében és a már meglévő szilárd részecskék felületén található ionok, vegyületek koncentrációja és minősége határozza meg. [2]

A szilárd frakcióba került nehézfémek újraoldódását számos tényező szabja meg:

- Sótartalom: az oldott kationok koncentrációja konkurenciát jelent a szilárd fázisban levő kationokkal szemben, ezért a növekvő sótartalom gátolja az oldatba menetetelt. A nagyobb sótartalmú tengervizekben kisebb a jellemző nehézfém-koncentráció értéke.
- pH-érték: a H-ion koncentrációjának csökkenése elsősorban a hidroxid és karbonát formában levő fémek oldatba menetelét segíti elő, de fontos szerepe van más formák egyensúlyi viszonyainak kialakulásában is, valamint a számos fémeket megkötő vas- és mangán-oxid-hidroxidok kialakulásában, oldatba menetelében.
- Redoxipotenciál: a redoxipotenciál csökkenése, vagyis az anaerob, redukciós folyamatok érvényre jutása számos fém oldatba menetele szempontjából fontos. Felszíni vizekben elsősorban a fenéküledékben lehet jelentős, mert ott az üledék szerves anyagokkal nagymértékben terhelt.

- Komplexképző anyagok: A szilárd formában levő nehézfémeket természetes (huminanyagok) és mesterséges (EDTA, NTA stb.) komplexképzők egyaránt ismét oldatba vihetik. Már igen nagy hígításban is képesek a nehézfémek újraoldására. [2]

Nhézfémek előfordulása a felszíni vizek üledékében

Az oldott anyagok térbeli eloszlása szinte kizárólag az áramlási viszonyok függvénye, a lebegőanyagra ellenben hat a gravitáció, így fontos szerepe van az ülepedésnek. Állóvízben a lebegőanyag kiülepedése következtében a nehézfémek a fenéküledékbe kerülnek. A kiülepedő, nehézfémekben dúsult lebegőanyag hosszabb ideig is megmarad az üledékben, és így rövid ideig tartó, lökésszerű szennyezések is előfordulhatnak. A kiülepedés szemcseeloszlás szempontjából frakcionáltan megy végbe. Ennek eredményeképpen a lebegőanyag mindig nagyobb százalékban tartalmazza a kisebb szemcseméretű részecskéket, az üledék pedig a nagyobb méretű részecskékben dúsul. [2]

Az üledék nehézfém-szennyezettségének jellemzése

Az üledék nehézfém-tartalma geokémiai eredetű háttérből és az emberi tevékenység okozta szennyeződésekből tevődik össze. Gyakorlati szempontból legjobb megoldás a kiszűrt üledékminta rétegenkénti vizsgálata. A legfrissebb szennyezés az üledék felszínére halmozódik, a koncentráció a felső néhány cm-es rétegben nagymértékben ingadozhat.

Az üledék felső rétegében a nehézfém-koncentrációt a következő körülmények alakítják:

- növekedést eredményez a nehézfémeket nagy koncentrációban tartalmazó lebegőanyagok kiülepedése, továbbá az üledék mélyebb rétegeiben anaerob körülmények között oldatba jutott, és a pórusvízzel felfelé áramló fémionok kicsapódása a felsőbb – anaerob – rétegekben
- csökkenést eredményez az árvizek idején elragadott nagy szennyezettségű felső réteg lehordása, valamint a vízfolyás szennyezetlen területéről származó lebegőanyag kiülepedése. [2]

A kisebb méretű részecskék nehézfém-koncentrációja nagyobb, mint a durvább frakcióé. Ennek oka az, hogy a nagyobb részecskék elsősorban kvarchomokból, karbonátos törmelékből tevődnek össze, és így hígító hatásúak.

[2] Literáthy P. (1982): *Felszíni vizek nehézfém szennyezése*. Budapest: Műszaki könyvkiadó.

[3] Kovács-Bokor, É.–Kiss, E. (2017): Környezetvédelmi mérési módszerek a hallgatói laborgyakorlatokon. In: *A Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar 2017-es tudományos konferenciáinak tanulmánygyűjteménye*. Pp. 950–959.

[4] Kovács-Bokor, É.–Domokos E. (2017): Determination of heavy metal content of river sediment and analysis of the accumulation of heavy metals by plants. In: *Proceedings of International Conference on Global Environmental Changes and Environmental Health: Environmental and Economic Impact on Sustainable Development*. Pp. 33–40.

[5] Kovács-Bokor, É.–Kiss, E. (2018): Dunai iszapos üledék nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata növényekkel. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING AND MANAGEMENT SCIENCES*. 3. (1.) Pp. 163–170.

[6] Kovács-Bokor É.–Domokos E.–Kiss E. (2018): Determination of the accumulation of heavy metals of river sediment by plants. In: *Proceedings Book of 9th ICEEE-2018 International Conference on Climate Change and Environmental (Bio) Engineering*. Pp. 228–238.

[7] Kovács-Bokor É.–Domokos E.–Kiss E. (2019): Effect of industrial sludge-soil mixtures on germination of white mustard and wheat. *JOURNAL OF APPLIED TECHNICAL AND EDUCATIONAL SCIENCES*. 9. (1.) Pp. 66–78.

A kisebb méretű részecskék, főként az agyagásványok tartalmazzák a nehézfém-szennyezőket nagyobb koncentrációban, aminek az oka egyrészt a nagyobb fajlagos felület, illetve a nagyobb adszorpció-képesség, másrészt pedig az, hogy a kis koncentrációban kicsapódó nehézfém-csapadék finomabb szemcsékből áll, tehát a kisméretű frakcióba kerül.

A nagyobb szemcseméretű frakció elsősorban kvarcból, sziklatörmelékéből, karbonátokból tevődik össze, melyek a szennyezőanyagtartalma általában kicsi. és a nehézfém-szennyezés hozzákötődése is korlátozottabb. [2]

Összegzés

A felszíni vizek lebegőanyag-tartalma viszonylag kicsi, szerepük azonban annál nagyobb. A fémszennyezők nagyobb hányada a lebegőanyagokban található meg, és csak kis része oldott fázisban. Folyók esetén a lebegőanyag-tartalom mennyiségének alakulása nagyban függ a vízhozamtól.

A vízhozam növekedésével a lebegőanyagok mennyisége is nagymértékben növekszik, az oldott anyagra pedig kisebb mértékű a növekedés.

A felszíni vizek üledéke szennyezetlen formában is tartalmazza a nehézfémeket. A felszíni vizek üledéke különböző kőzetek mállástermékeiből tevődik össze.

A szennyezett vizek, üledékek, nehézfémek kivonási módszerei közül a fitoremedáció egy ígéretes lehetőség, mely kutatási területen elért eredményeket számos publikáció foglalja össze, többek között a Dunaújvárosi Egyetem, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszékén folyó kutatások. [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10]

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség” című projektje támogatta.

[8] Kovács-Bokor É.–Domokos E. (2019): Phyto-extraction potential of wheat and study on the applicable ratio of converter sludge in some soil-sludge mixtures. *JOURNAL OF APPLIED TECHNICAL AND EDUCATIONAL SCIENCES*. 9. (4.) Pp. 88–100.

[9] Kovács-Bokor É.–Domokos E.–Kiss E. (2019): Folyóvízi üledékek nehézfém tartalmának akkumuláció vizsgálata növényekkel. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING AND MANAGEMENT SCIENCES*. 4. (2.) Pp. 46–53.

[10] Kovács-Bokor É. (2020): Folyóvízi és konverter iszap hatása a fehér mustár csírázó-képességére. In :*TÁJÉKOZTATÓ Dunaújváros Megyei Jogú Város környezeti állapotáról*. Pp. 122–130.